http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Titre : Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture civile
Auteur : Borgnis, J. A.

Mots-clés : Génie civil*19e siècle ; Technologie*19e siècle ; Construction*19e siècle
Description : XVI-630 p., [4] p. - 30 f. de pl. : ill.(gr.s.c.);26 cm
Adresse : Paris : Bachelier, 1823
Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 4 Ko 2 Res

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?4KO2

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

PDF créé le 4/1/2013

TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE

DE CONSTRUCTION

APPLIQUÉE

A L'ARCHITECTURE CIVILE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DE L'IMPRIMERIE DE HUZARD-COURCIER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAITÉ

4° K 2.1

ÉLÉMENTAIRE

DE CONSTRUCTION

APPLIQUÉE

A L'ARCHITECTURE CIVILE;

Contenant les principes qui doivent diriger, 1° le choix et la préparation des matériaux; 2° la configuration et les proportions des parties qui constituent les édifices en général; 3° l'exécution des plans déjà fixés : suivi de nombreux exemples de distribution puisés dans les plus célèbres monumens antiques et modernes, etc.;

PAR M. J.-A. BORGNIS,

INGÉNIEUR, ET MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES.

PARIS,

BACHELIER, LIBRAIRE, SUCCESSEUR DE Mme Ve COURCIER,

QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

1823.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRÉFACE.

L'ARCHITECTURE est un art qui exige plus de raisonnement que d'inspiration, plus de connaissances positives que de verve. Son but essentiel est de remplir avec économie et convenance toutes les conditions demandées par la nature et l'emploi d'un édifice quelconque. L'analogie intime qu'on a voulu établir entre cet art et les arts d'imitation, tels que la Peinture et la Sculpture, est entièrement dénuée de justesse; en effet, tandis que celui-ci recherche principalement l'utilité, les autres se bornent à plaire à la vue et à charmer agréablement l'entendement. Les moyens qu'emploie l'Architecture se déduisent spécialement des sciences physico-mathématiques; ceux dont la Peinture et la Sculpture font usage dépendent de l'imitation fidèle et ingénieuse des plus belles productions de la nature.

Cette analogie trompeuse, que la plupart des auteurs ont adoptée, a ralenti les progrès de l'art en éloignant les jeunes architectes de la route véritable qu'ils devraient suivre dans le cours de leurs études. Elle leur persuade d'abord que l'objet principal de l'Architecture est de produire des sensations agréables par la combinaison élégante et pittoresque des masses, par le choix des plus belles formes, par la variété et le bon goût des ornemens. Elle tend ainsi à former des décorateurs plutôt que des architectes; à subordonner les accessoires aux conditions essentielles; en un mot, elle sacrifie les fruits aux fleurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est sans doute désirable que les édifices, quelle que soit leur espèce, plaisent à la vue; mais avant tout ils doivent satisfaire la raison, et celle-ci exige que l'ensemble et toutes les parties remplissent parfaitement les convenances qui dérivent, soit de la destination particulière de chaque édifice, soit des considérations de solidité et d'économie qu'il n'est permis en aucun cas de négliger.

Ce serait une erreur de croire que l'on s'expose à produire des œuvres dépourvues de grâce, d'élégance et d'éclat, si l'on subordonne entièrement le choix des formes, des rapports et des dimensions au but essentiel de l'édifice. Il en est des productions de l'Architecture comme de celles de la belle nature. Le souverain Maître de l'univers, par une disposition admirable de sa haute sagesse, a établi que, dans les êtres organisés, les parties qui remplissent le mieux leur destination spéciale, soient aussi celles qui plaisent davantage à la vue. De même, l'observation raisonnée des monumens les plus célèbres nous prouve que leurs degrés relatifs de beauté dépendent essentiellement des rapports plus ou moins exacts que les proportions, la disposition et la conformation ont avec l'usage du monument et de chacune de ses parties. L'observation démontre également que si les parties les plus parfaites d'un monument célèbre sont reproduites avec inconvenance dans une autre construction, elles cesseront de plaire et exciteront au contraire une sensation désagréable.

Les jeunes architectes doivent se persuader que parmi les divers membres d'Architecture que le bon goût a adoptés, il n'en est aucun qui n'ait un objet d'utilité spéciale. On pourra se convaincre de cette vérité par leur analyse raisonnée et spécialement par celle des *ordres*. On reconnaîtra que le *prototype* de chacun de ces membres se rapporte à leur desti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nation primitive, et qu'ils sont d'autant plus satisfaisans qu'ils en remplissent plus exactement les convenances.

Il importe donc essentiellement de se former une idée juste et précise, soit de cette destination, soit du prototype qui en dérive; cette connaissance s'acquiert par l'étude approfondie de la partie technique de l'art.

On doit observer que l'Architecture présente deux branches bien distinctes, le dessin et la partie technique, et que l'une et l'autre sont nécessaires pour former un artiste accompli. Le dessin lui donnera la faculté de représenter avec exactitude et clarté ses propres conceptions. S'il s'exerce à tracer soigneusement et assidûment les plus beaux modèles de l'Architecture antique et moderne, il parviendra à imprimer fortement dans son entendement les formes et les proportions les plus belles et les plus harmonieuses. Mais ce ne sera qu'après que l'étude de la partie technique aura fécondé et éclairé l'imagination, que celle-ci pourra donner naissance à des conceptions épurées, capables de satisfaire le goût et la raison.

L'exposition méthodique et abrégée de la partie technique de l'Architecture forme l'objet spécial de cet Ouvrage. Il est divisé en quatre livres, dont le premier traite du choix et de la préparation des matériaux; le second examine isolément les parties élémentaires qui composent les édifices; le troisième expose les méthodes-pratiques d'effectuer les constructions dont le plan est fixé; le dernier se réfère à la distribution des diverses espèces d'édifices.

Le premier livre comprend quatre chapitres. L'examen des marbres, des pierres dures et des pierres tendres forme l'objet du premier chapitre, dans lequel sont exposées leurs qualités bonnes ou mauvaises; les degrés relatifs de force, de dureté et d'inaltérabilité dont chaque espèce est douée;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et enfin des considérations sur le sciage, la taille, le polissage et la mise en œuvre. Le second chapitre contient des notions élémentaires sur la fabrication, l'emploi et les qualités des briques; sur la confection des mortiers, du béton et des pierres factices; on y trouve un exposé des recherches et des expériences précieuses faites par M. Vicat.

Ce qui est relatif aux diverses espèces de bois, considérés comme élémens de construction, forme le sujet du troisième chapitre. Ainsi que pour les autres séries de matériaux, nous avons détaillé les bonnes et les mauvaises qualités relatives des principales espèces, les résistances dont elles sont susceptibles dans les divers sens, les préparations qu'elles doivent éprouver avant d'être mises en œuvre, les principes fondamentaux qui doivent présider à la composition des divers systèmes d'assemblage.

Le quatrième chapitre traite des métaux et spécialement du cuivre et du fer; on y trouve une indication des expériences les plus accréditées sur la force du fer, et spécialement de celles faites par M. Duleau, qui ont obtenu l'assentiment spécial de l'Académie et du Conseil des Ponts et Chaussées.

Après avoir discuté ce qui est relatif aux matériaux, il est convenable d'étudier les meilleurs moyens de les employer avec économie et convenance pour la formation des parties élémentaires qui composent les édifices : c'est l'objet du second livre. L'examen des murs doit naturellement précéder celui des autres parties; dans le premier chapitre nous les avons considérés sous les deux rapports de la qualité des matériaux qui les composent, et de leur emploi spécial comme parties constitutives des édifices. Sous le premier point de vue, nous les avons classés 1° en murs de pierres de taille; 2° en murs de moellons; 3° en murs de briques; 4° en murs bâtis par encais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sement. Pour chacun de ces genres nous avons mis en parallèle les méthodes antiques avec les modernes, et trop souvent nous avons été obligé de faire remarquer l'infériorité de ces dernières.

Les murs, envisagés sous le rapport de l'emploi, se groupent en quatre séries : 1° les murs de clôture, qui n'ont aucune charge à supporter que celle de leur propre masse ; 2° les murs de terrasse, qui doivent résister à la poussée des terres ou des fluides ; 3° les murs principaux des édifices, c'est-à-dire ceux qui en forment le pourtour et qui soutiennent plus particulièrement les planchers et les voûtes ; 4° les murs qui établissent les divisions secondaires dans l'intérieur des édifices : nous avons exposé les principes pour déterminer les dimensions et les formes qui leur conviennent dans les cas divers. Le chapitre est terminé par des considérations sur l'origine et l'emploi des ordres d'Architecture, et sur la confection des enduits.

Le second chapitre traite des voûtes. On y trouve la classification des voûtes en quatre genres : 1° simples, 2° composées, 3° incomplètes, 4° irrégulières ; la désignation des qualités caractéristiques des principales espèces qui se réfèrent à ces quatre genres ; le mode de construire les voûtes en pierres de taille, en moellons, en briques, en poteries creuses et en béton ; la comparaison des méthodes antiques et modernes ; la théorie de la poussée des voûtes ; les propriétés distinctives des voûtes à berceau, des voûtes à arête, des voûtes à arcs de cloître, des voûtes plates, des voûtes postiches ; et nous avons ajouté des considérations sur les avantages et les inconvéniens de chacune d'elles.

Nous avons réuni dans le chapitre troisième ce qui se rapporte aux planchers et aux combles ; après avoir indiqué le mode de disposer la charpente des planchers, nous avons décrit les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pavés en maçonnerie employés par les anciens, ceux analogues dont on fait usage en Italie, et enfin les parquets et le carrelage usités en France. A l'égard des combles, nous avons examiné séparément la charpente et la couverture ; nous avons fait remarquer que les pentes doivent être régulières et analogues au climat; qu'un toit peut être soutenu par des fermes ou en charpente, ou en planches, ou en fer, ou bien par une voûte en briques; que la couverture est ou métallique ou en dalles à la manière antique, ou bien en tuiles, ou enfin en ardoises; que les écoulemens doivent être dirigés et recueillis avec soin par des chenaux ou des gouttières munis de tuyaux, afin de déposer l'eau pluviale soit dans des égouts, soit dans des citernes.

Le chapitre suivant traite des cavités que l'on pratique dans les massifs de maçonnerie, soit pour diminuer, autant que possible, leur masse sans que la solidité en souffre, soit pour permettre l'introduction de la lumière, soit pour favoriser les communications, soit enfin pour livrer passage aux tuyaux des cheminées ou aux tuyaux des latrines.

Il ne suffit point qu'un architecte sache choisir les matériaux convenables, et déterminer la forme et les dimensions les plus appropriées aux parties constitutives d'un édifice quelconque; il faut aussi qu'il soit en état de diriger avec économie et précision l'exécution des constructions projetées. Les méthodes pratiques qui se rapportent à l'érection des édifices, forment l'objet du troisième livre.

Le premier chapitre contient un précis des opérations qui doivent précéder l'érection d'un édifice; tels sont la formation des dessins, des devis, des estimations, des modèles, des épures; les approvisionnemens des matériaux, leur transport sur le chantier, le déblai et le remblai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le second chapitre traite des fondations dans les diverses espèces de terrains et des moyens de consolider ceux qui n'offrent point assez de fermeté. On examine dans ce chapitre ce qui est relatif aux pilotis et aux machines pour les enfoncer. On compare les divers modes d'épuisemens; on décrit les méthodes de construire les fondations dans l'eau, soit à l'aide d'un batardeau, soit à l'aide des caissons, soit enfin par enrochement.

La construction des murs et des voûtes forme l'objet du troisième chapitre; il contient des notions sur la taille des pierres, sur le bardage, sur le montage ou levage des matériaux, sur les machines qui facilitent ces diverses opérations, sur les échafaudages, sur le cintrement et le décintrement des voûtes, et enfin il est terminé par des considérations générales sur la conduite des travaux de maçonnerie.

Le quatrième livre, plus étendu que les autres, forme à lui seul la seconde partie de cet ouvrage. Il contient les principes pour la distribution des édifices. Tous les artistes conviennent que la distribution doit être guidée par le goût et par les convenances; mais tous ne s'accordent point dans la définition de l'expression *bon goût*, ni dans celle des convenances; nous avons essayé dans le premier chapitre de donner à cet égard les notions les plus simples et les plus exactes. *Bon goût*, suivant nous, n'indique autre chose que discernement et finesse de jugement; ce qui suppose que l'homme qui en est doué a de la pénétration, des idées claires, précises, bien ordonnées, et beaucoup de connaissances acquises. Nous distinguons deux espèces de convenances, les générales et les particulières. La solidité, l'économie et la régularité sont les bases fondamentales des convenances générales. Les convenances particulières dépendent de la destination que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit avoir un édifice déterminé et de l'emplacement qu'il doit occuper; pour pouvoir les connaître et les apprécier, il faut soumettre à un examen particulier les divers genres d'édifices. Nous les avons classés en sept genres, et nous avons consacré un chapitre à chacun de ces genres.

Les habitations forment le premier genre, dont celles de ville et de campagne, les maisons bourgeoises, les hôtels et les palais, sont les espèces. Dans le premier chapitre, après avoir exposé les conditions fondamentales auxquelles doivent satisfaire les habitations dans leur ensemble et dans leurs parties, nous avons ajouté la traduction des préceptes que Vitruve et Palladio nous ont transmis sur ce sujet.

Les édifices destinés aux amusemens publics forment le second genre. Les anciens nous en ont laissé des modèles d'une magnificence extraordinaire. Les cirques, les amphithéâtres, les théâtres romains, ont été l'objet de nos recherches. Nous y avons ajouté des notions sur les théâtres modernes, sur les salles de danse, de concert et sur les wauxhals.

Le troisième genre contient les édifices consacrés à l'instruction publique. Vitruve nous a fourni la description des palestres et des xystes que les Grecs avaient érigés pour servir à l'instruction morale et gymnastique. Les colléges, les universités, les écoles de beaux-arts, les musées, les bibliothèques et les galeries de toute espèce, ont été tour à tour l'objet de notre examen.

Dans le quatrième genre se trouvent les édifices qui servent aux réunions publiques. Nous avons d'abord consulté Vitruve pour bien connaître les places publiques, les basiliques et les curies antiques; ensuite nous avons examiné avec attention les ruines du Forum romain et la disposition des édifices

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

admirables qui enrichissaient son enceinte. Nous nous sommes ensuite occupé des places modernes de diverses espèces, des bourses, des tribunaux, des hôtels-de-ville et des salles pour les chambres législatives.

Nous avons placé dans le cinquième genre les marchés, les abattoirs, les entrepôts, les greniers d'abondance, les conduites d'eau et les fontaines, les bains, les hôpitaux, les hospices, les casernes, les prisons, et enfin tous les édifices consacrés soit aux approvisionnemens, soit à la salubrité, soit à la sûreté publiques.

Le sixième genre renferme les monumens destinés à conserver la mémoire des hommes et des choses mémorables. Nous les avons distingués en deux espèces principales : l'une comprend ceux qui n'intéressent que des individus ou des familles; tels sont la plupart des monumens funèbres : l'autre renferme les monumens nationaux, c'est-à-dire les statues, les colonnes honoraires, les arcs de triomphe, etc.

Le dernier genre contient les monumens consacrés au culte.

Dans la description et l'examen de tous ces édifices, nous avons dû nous borner aux indications qui nous ont paru les plus intéressantes ou les plus utiles. Ce livre ne présente point l'exposition complète des détails qui se rapportent à tous les édifices, mais seulement la revue abrégée de leurs qualités distinctives, accompagnée d'exemples choisis des monumens les plus accrédités. Nous avons cherché à éviter la prolixité superflue, sans nuire à la clarté des développemens nécessaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE

Des principales mesures antiques et modernes, relatives aux constructions, réduites en dixièmes de ligne du pied de Paris.

Pied de Paris.	1440 dixièmes de ligne.
Coudée égyptienne, suivant la détermination que M. Lepeyre a déduite de la hauteur totale du *Mekias* ou nilomètre.	2400
Pied romain antique, d'après des mesures trouvées à Herculanum, d'après celle de la villa Mattei, et enfin d'après la mesure gravée sur le tombeau de Cossutius.	1315
Pied grec existant au Capitole.	1358
Cette détermination s'accorde à peu de chose près avec celle donnée par M. Leroy.	
Le palme gravé au Capitole.	963
Le palme du *passetto* romain.	900
Ce passetto contient 3 palmes, le palme se divise en 12 onces, et l'once en 5 minutes.	
La canne de l'arpenteur à Rome contient 10 des palmes susdits.	
Le *passo* romain contient 6 palmes, 8 onces et un cinquième de minute.	
Le mille romain est de 1000 passi.	
Le palme napolitain.	1161 $\frac{1}{2}$
Le pied vicentin dont fit usage Palladio.	1580
Le pied de Bologne.	1686
Le braccio de Bologne.	2826
Le braccio de Florence.	2580
Le braccio de Modène.	2812 $\frac{1}{2}$
Le braccio de Parme.	2526
Le braccio de Siène.	2667
Le braccio de Milan.	1760
Le braccio de Pavie.	2080
Le braccio de Turin.	2274.

Nota. En parlant des monumens de Rome, nous avons rapporté les mesures en pieds romains équivalens à 1315 dixièmes de ligne chacun.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

REDUCTION des anciennes mesures linéaires en mètres et fractions décimales du mètre.

Toises.	Mètres.	Pieds.	Mètres.	Pouces.	Mètres.	Lignes.	Mètres.
1	1,9490	1	0,3248	1	0,0271	1	0,0023
2	3,8981	2	0,6497	2	0,0541	2	0,0046
3	5,8471	3	0,9745	3	0,0812	3	0,0067
4	7,7961	4	1,2994	4	0,1083	4	0,0090
5	9,7452	5	1,6242	5	0,1354	5	0,0113
6	11,6942	6	1,9490	6	0,1624	6	0,0135
7	13,6433			7	0,1895	7	0,0158
8	15,5923			8	0,2166	8	0,0180
9	17,5413			9	0,2436	9	0,0203
10	19,4904			10	0,2707	10	0,0226
				11	0,2978	11	0,0248
				12	0,3248	12	0,0271

REDUCTION des mesures linéaires métriques en anciennes mesures.

Mét.	Pi. po. lig.	Déc.	Pi. po. lig.	Cent.	Po. lignes.	Milli.	Lignes.
1	3 0 11,296	1	0 3 8,3296	1	0 4,4330	1	0,4433
2	6 1 10,593	2	0 7 4,6592	2	0 8,8659	2	0,8866
3	9 2 9,888	3	0 11 0,9888	3	1 1,2989	3	1,3299
4	12 3 9,184	4	1 2 9,3184	4	1 5,7318	4	1,7732
5	15 4 8,480	5	1 6 5,6480	5	1 10,1648	5	2,2165
6	18 5 7,776	6	1 10 1,9776	6	2 2,5978	6	2,6598
7	21 6 7,072	7	2 1 10,3072	7	2 7,0307	7	3,1031
8	24 7 6,368	8	2 5 6,6368	8	2 11,4637	8	3,5464
9	27 8 5,664	9	2 9 2,9664	9	3 3,8966	9	3,9897
10	30 9 4,960	10	3 0 11,2960	10	3 8,3296	10	4,4330

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ERRATA.

Page 170, 4e ligne, Pl. IX, fig. 10 et 11; *lisez* Pl. VII, fig. 10 et 11.
Page 175, 18e ligne, Pl. IX, fig. 6 et 7; *lisez* Pl. VII, fig. 10 et 11.

OUVRAGES du même Auteur, qui se trouvent à la Librairie de BACHELIER, *Successeur de Mme Ve* COURCIER, *quai des Augustins, n° 55.*

TRAITÉ COMPLET DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX ARTS, contenant l'exposition methodique des théories et des experiences les plus utiles pour diriger le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines.; ouvrage divisé en *neuf Traités*, format in-4., avec 249 planches, dessinées par M. *Girard*, dessinateur à l'École Polytechnique, et gravées par M. *Adam*. 189 fr.

Chaque Traité se vend séparément, ainsi qu'il suit :

Ier. *De la composition des Machines*, contenant la classification, la description et l'examen comparatif des organes mecaniques; volume de plus de 450 pages, avec tableaux synoptiques et 43 planches donnant les figures de plus de 1200 organes de Machines. 1818. Prix : 25 fr.

IIe. *Du mouvement des Fardeaux*, contenant la description et l'examen des machines les plus convenables pour transporter et élever toute espèce de fardeaux; volume de 334 pages et 20 planches gravées. 1818. Prix : 16 fr.

IIIe. *Des Machines que l'on emploie dans les constructions diverses*, ou Description des Machines dont on fait usage dans les quatre genres d'Architecture, civile, hydraulique, militaire et navale; volume de 336 pages, avec 26 planches. 1818. Prix : 20 fr.

IVe. *Des Machines hydrauliques*, ou Machines employées pour élever l'eau nécessaire aux besoins de la vie, aux usages de l'agriculture, aux épuisemens dans les mines, vol. in-4., avec 27 planches. 1819. Prix : 20 fr.

Ve. *Des Machines d'Agriculture*, contenant la description des instrumens et machines aratoires; des machines employées à récolter les produits du sol, et à leur donner les préparations premières; des moulins et des mécanismes qui servent à épurer le blé et à bluter les farines, et enfin des pressoirs, des cylindres, des pilons, et autres machines employées à l'extraction des huiles et du vin, etc.; vol. in-4., avec 28 planches. 1819. 21 fr.

VIe. *Des Machines employées dans les diverses fabrications*, contenant la description des machines en usage dans les grosses forges et dans les ateliers de métallurgie, dans les papeteries, dans les tanneries, etc.; vol. in-4. avec 29 planches. 1819. 21 fr.

VIIe. *Des Machines qui servent à confectionner les étoffes*, contenant la manière de préparer les matières filamenteuses, animales ou végétales, l'examen comparatif des moyens mécaniques employés dans les filatures; la description des métiers avec leurs accessoires pour toutes espèces d'étoffes, depuis les plus simples jusqu'aux plus figurées; enfin, la manière de donner aux étoffes les derniers apprêts avant d'être livrées au commerce; volume in-4., avec 44 planches. 1820. Prix : 30 fr.

VIIIe. *Des Machines qui imitent ou facilitent les fonctions vitales des corps animés*; suivi d'un appendice sur les machines théâtrales anciennes, et sur les procédés en usage dans les théâtres modernes, pour effectuer les changemens à vue, les vols directs et obliques et autres effets; vol. in-4., avec 27 planches. 1820. Prix : 21 fr.

IXe. *Théorie de la Mécanique usuelle*, ou Introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts, contenant les principes de statique, de dynamique, d'hydrostatique et d'hydrodynamique applicables aux arts industriels; la théorie des moteurs, des effets utiles des machines, des organes mécaniques intermédiaires, et l'équilibre des supports, etc.; 1 vol. in-4. 1820. Prix : 15 fr.

Xe. DICTIONNAIRE DE MÉCANIQUE, contenant la définition et la description sommaire des objets les plus importans ou les plus usités qui se rapportent à cette science; avec l'énoncé de leurs propriétés essentielles; suivi d'indications qui facilitent la recherche des détails plus circonstanciés, 1 volume in-4. (*Sous presse.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE

DE CONSTRUCTION

APPLIQUÉE

A L'ARCHITECTURE CIVILE.

PREMIÈRE PARTIE.

PRINCIPES ÉLÉMENTAIRES DE CONSTRUCTION.

Cette première partie contient trois livres, dont le premier traite du choix et de la préparation des matériaux; le second enseigne à déterminer, suivant les circonstances, la disposition, la forme et les proportions des diverses parties qui composent les édifices, quelle que soit leur destination; le troisième décrit les méthodes à suivre pour construire avec économie, exactitude et solidité un édifice dont le plan est déjà fixé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRE PREMIER.

CHOIX ET PRÉPARATION DES MATÉRIAUX.

Les matériaux sont les élémens que doit employer le constructeur; il faut qu'il sache les choisir avec convenance, les distribuer avec économie, et les mettre en œuvre avec art. Mais il ne sera pas en état de remplir ce triple objet s'il ne connaît préalablement les qualités bonnes ou mauvaises de chacun d'eux en particulier, et s'il ne sait se rendre compte du degré approximatif de résistance qu'ils sont en état d'opposer, soit aux charges qui leur seront imposées, soit au frottement qui tend à les user, soit aux diverses causes physiques qui peuvent, ou les dégrader insensiblement, ou les détruire tout à coup; ou enfin s'il ne sait apprécier la durée du travail nécessaire pour les confectionner. Tel est le précis des connaissances préliminaires sur chaque genre de matériaux, qu'un constructeur doit chercher à se procurer.

Les matériaux peuvent se classer en quatre catégories: 1° les pierres naturelles; 2° les pierres factices et les cimens; 3° les bois; 4° les métaux. Nous consacrerons un chapitre à chacune de ces catégories.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER.

Des pierres naturelles.

Les qualités qui constituent la bonté des pierres en général sont, 1° une contexture compacte, uniforme, d'une densité égale, ne renfermant ni cavités, ni fentes, ni corps étrangers; 2° une teinte agréable; 3° la faculté d'offrir des blocs aussi volumineux qu'on peut le désirer; 4° beaucoup de dureté, de force et d'aptitude à résister à l'action de l'air, de l'eau, de la gelée, des corrosions salines et du feu.

La force et la dureté des pierres sont deux qualités différentes qu'on ne doit point confondre. Par le mot *force d'une pierre*, nous désignons sa résistance aux pressions; et par le mot *dureté*, celle qu'elle peut opposer aux frottemens qui tendent à user et à séparer quelques parties de la masse dans un sens quelconque. Les deux espèces de résistances que nous venons d'indiquer diffèrent encore d'une troisième espèce que nous appellerons *inaltérabilité*, et par laquelle les pierres s'opposent à l'action destructive plus ou moins lente de l'air, de l'eau, de la gelée, des corrosions salines et du feu.

Résistance des pierres aux pressions.

Les anciens architectes n'avaient que des idées vagues et indéterminées sur les degrés comparatifs de résistance aux pressions, dont sont douées les diverses sortes de pierres. Cependant cette connaissance est indispensable lorsque l'on veut, sans imprudence, faire supporter une grande charge à des appuis isolés qui n'auraient qu'une petite superficie de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

base, ou bien lorsque l'on veut construire en pierre une arche ou une voûte d'une grande ouverture; car dans ce dernier cas il faut, avant tout, savoir si les *voussoirs* ou *coins* qui composeront l'arche ou la voûte auront une force suffisante pour résister aux pressions latérales qui tendent à les écraser.

Ce ne fut que l'an 1770 qu'on commença à faire des expériences sur cet objet important. Voici quelle en fut la cause: M. Patte publia un mémoire dans lequel il contesta la force des piliers destinés à porter la coupole de Sainte-Geneviève; M Gauthey, ayant voulu répondre aux assertions contenues dans ce mémoire, vit qu'il était nécessaire, pour arriver complètement à son but, de trouver le moyen d'éprouver la force des pierres: il imagina donc une machine qui consistait en un levier, dont une des extrémités était arrêtée par un boulon, autour duquel il était mobile, et l'autre extrémité recevait un plateau de balance sur lequel on déposait des poids; on plaçait près du boulon, sur un appui très solide, un petit cube de pierre qu'on voulait éprouver, et on chargeait le plateau autant qu'il le fallait pour écraser le cube. MM. Soufflot, Perronnet et Rondelet ont successivement perfectionné cette machine pour lui donner le degré d'exactitude convenable, et ont soumis à l'épreuve un grand nombre de pierres de diverses qualités. C'est surtout à M. Rondelet que l'on doit les expériences les plus nombreuses et les plus exactes dans ce genre; il en a consigné les détails dans le cinquième livre de son excellent ouvrage, intitulé *Traité théorique et pratique sur l'Art de bâtir*. Nous devons nous borner ici à rapporter les principaux résultats du travail utile de ce célèbre constructeur, et nous ne pouvons mieux faire que de nous servir de ses propres expressions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Plus de huit cents expériences faites sur cent quarante-cinq espèces de pierres différentes m'ont fait apercevoir des indications générales sur les qualités les plus essentielles des pierres relativement à leur emploi dans la construction des édifices. Il résulte de ces indications, 1° que dans toutes sortes de pierres, la pesanteur, la force, la dureté, la nature du grain, la contexture plus ou moins serrée, sont des qualités qui semblent se déduire les unes des autres; ainsi, dans les pierres de même espèce, les plus pesantes sont ordinairement les plus fortes, les plus dures, celles dont le grain est plus fin et la texture la plus compacte; 2° que les pierres dont la couleur tire sur le noir ou le bleu sont plus dures que les grises, et celles-ci que les blanches ou rousses, et qu'en général celles qui ont les couleurs les plus claires sont ordinairement moins fortes et moins pesantes; 3° que les pierres dont le grain est homogène et la texture uniforme sont plus fortes que celles dont le grain est mélangé, quoique ces dernières soient quelquefois plus dures et plus pesantes.

» Les qualités des pierres influent aussi sur la manière dont elles s'écrasent; celles qui ont le grain fin, la texture homogène et compacte, et qui rendent un son clair lorsqu'on les frappe, se divisent en lames ou en aiguilles; les plus fières se brisent tout à coup et avec bruit, et se réduisent en poudre.

» Les pierres dont le grain est moins fin, qui ont leur texture moins compacte, et qui ne résonnent que peu ou point, se décomposent en pyramides, ayant pour base les surfaces du solide, de manière que les pointes se réunissent au centre, où la pierre se réduit en poussière; les deux pyramides opposées, ayant pour bases le dessus et le dessous du solide, chassent celles du tour; ces dernières se divisent par fentes verticales.

» Toutes les espèces de pierres éprouvées ont diminué sen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

siblement de hauteur, avant de s'écraser et même de se fendre. Cette diminution a été plus considérable dans les pierres qui se décomposent en pyramides.

» Lorsque les pierres avaient en hauteur plus de deux fois la largeur de leur base, les parties comprises entre les pyramides formées, se fendaient verticalement en se divisant en lames ou en aiguilles.

» On a éprouvé encore qu'il faut moins de force pour faire fendre les pierres vives que pour les écraser, tandis que les pierres molles s'écrasent plutôt qu'elles ne se fendent.

» Mais l'indication la plus importante est celle qui fait apercevoir que la force des pierres de même genre est à peu près comme le cube de leur pesanteur spécifique.

» La force des pierres de même nature et de même forme croît à peu près en même raison que la superficie de leur base.

» Quant aux pierres qui ont des bases de même superficie, mais de figure différente, on a observé que celles dont la base est rectangulaire commencent à s'écraser sous un moindre poids que les pierres à base carrée : la différence est d'autant plus grande, que les côtés contigus du rectangle sont plus inégaux; lorsqu'elles ont peu d'épaisseur, les grandes faces résistent moins, et il ne se forme pas de pyramides. Quand ces pierres ne se brisent pas en lames et en aiguilles, il se détache, par le haut des grandes faces, des parties qui produisent au milieu une espèce de biseau à deux pentes qui s'écrase successivement.

» La force des cylindres est d'environ $\frac{2}{13}$ plus grande de celle des parallélipipèdes de même superficie de base.

» Plusieurs cubes posés les uns sur les autres ont moins de force qu'un parallélipipède de même base et de même hau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur qui serait d'une seule pièce. La diminution de force vient de ce que les fentes qui précèdent l'écrasement, en se prolongeant d'un cube à l'autre, empêchent la formation des pyramides intérieures, parce qu'il faut moins de force pour faire fendre une pierre, que pour former les pyramides qui causent l'écrasement. Ainsi, les pierres qui ne sont que posées les unes sur les autres doivent céder sous un moindre poids que celles qui sont liées par un ciment ou mortier quelconque. Cette diminution ne va pas cependant en raison du nombre des pierres posées les unes sur les autres.

» Les pierres ordinaires dont on fait usage pour la construction des édifices, commencent à éclater et à se fendre sous une charge égale à un peu plus de la moitié du poids qu'il faut pour les écraser, et elles s'écrasent sous un moindre poids d'une charge continuée. Ainsi, en supposant que la charge que doit soutenir un mur ou point d'appui, se distribue également sur toutes les parties de leur surface, il serait imprudent de leur faire porter une charge égale à la moitié de celle sous laquelle ils pourraient s'écraser, parce que l'expérience prouve qu'il est impossible, quelque précaution qu'on puisse prendre, de compter sur le degré de perfection capable de produire cet effet. D'ailleurs, il faut encore avoir égard à la position des parties soutenues, qui ne sont pas toujours immédiatement posées les unes sous les autres de manière à ne produire qu'un simple effort de pression, agissant perpendiculairement aux surfaces portantes; mais que ces parties sont souvent disposées de façon qu'il en résulte des efforts obliques tendant à renverser les pieds-droits qui les soutiennent, et à transporter sur une partie de leur surface la charge qui devrait être répartie également sur leurs surfaces entières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Il faut de plus avoir égard au mouvement qui se fait toujours sentir dans les édifices faits sans interruption, à l'instant où les grosses constructions viennent d'être terminées, et que toutes les parties prennent leurs assiettes par l'effet du tassement et des irrégularités inévitables dans les ouvrages faits avec le plus de soin, et surtout pour ceux qui ont besoin de soutiens provisoires pour les exécuter, comme les voûtes. »

Résistance des pierres aux frottemens.

Plusieurs motifs rendent nécessaire au constructeur la connaissance de la dureté des pierres, c'est-à-dire de la résistance qu'elles peuvent opposer aux frottemens. Par cette connaissance, 1° il pourra attribuer une juste valeur au travail des scieurs de pierre et des polisseurs de marbre; 2° il saura choisir avec discernement les qualités de pierres les plus convenables pour les endroits assujettis à des frottemens réitérés, tels que les escaliers, les pavés des lieux les plus fréquentés, les balustrades, les murs d'appui, etc.

En général, les pierres sont d'autant plus dures et résistent d'autant mieux aux frottemens, qu'elles ont le grain plus fin et la texture plus uniforme, qu'elles ont une couleur plus foncée, qu'elles sont plus sonores lorsqu'on les frappe ou qu'on les taille, et qu'elles sont plus pesantes. On remarque que les pierres qui exhalent une odeur de soufre lorsqu'on les travaille, ont ordinairement beaucoup de dureté.

La résistance des pierres aux frottemens n'est pas toujours proportionnelle à la résistance qu'elles peuvent opposer aux pressions. Par exemple, l'expérience a prouvé que le granite dur résiste aux frottemens environ douze fois plus que la pierre de liais, tandis qu'il ne résiste pas à une charge trois fois plus grande que celle sous laquelle cette même pierre s'écrase.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le meilleur moyen de déterminer avec précision les degrés comparatifs de la résistance aux frottemens des diverses espèces de pierres, c'est de suivre attentivement et de tenir compte du travail journalier des scieurs et des polisseurs; c'est ce que M. Morisot a fait. Il a réuni, dans le quatrième volume de son ouvrage très utile, intitulé *Tableaux détaillés des prix des ouvrages de bâtimens,* une longue suite d'observations intéressantes de ce genre, dont nous rapporterons les principales lorsque nous parlerons du marbre.

Inaltérabilité des pierres, ou résistance aux causes physiques d'altératton.

Les principales causes physiques qui tendent continuellement à dégrader et à détruire les pierres sont, comme nous l'avons déjà dit, l'air, l'eau, la gelée, les corrosions salines et le feu.

Le moyen le plus certain et en même temps le plus simple pour connaître l'altérabilité ou bien l'inaltérabilité que peut avoir une espèce déterminée de pierre, c'est de visiter attentivement les plus anciens édifices où elle se trouve en œuvre; mais ce moyen n'est pas toujours praticable.

Lorsque les pierres proviennent de carrières que l'on commence à exploiter, il est indispensable d'en tirer plusieurs blocs, et de les exposer pendant un temps plus ou moins long à l'air, à l'eau, à l'humidité, à la gelée et même à l'action du feu.

Les anciens n'employaient les pierres dans leurs édifices qu'après les avoir exposées pendant deux ans consécutifs aux intempéries de l'air. Celles qui avaient supporté victorieusement cette épreuve, et qui n'avaient été altérées ni par l'air, ni par l'humidité, ni par la gelée, étaient employées comme pierres de taille; mais celles qui avaient été endommagées d'une manière quel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conque étaient déposées dans les fondemens ou bien elles étaient réservées pour les lieux abrités. Vitruve prescrit formellement cette précaution utile, que les modernes ont grand tort de négliger, surtout à Paris, où la plupart des pierres dont on fait usage ont le défaut d'absorber l'humidité, et d'éprouver les mauvais effets de la gelée, qui rend leur surface pulvérulente, fait éclater les paremens et les rend écailleux.

Nous nous plaignons sans cesse du peu de solidité des constructions modernes, nous admirons aveuglément la force et la durée des monumens antiques, et nous négligeons, par une fausse économie, les préceptes les plus simples et les plus utiles que les anciens nous ont transmis et dont ils ont su faire un si bon usage.

Voici quelques observations qui peuvent aider à juger si une pierre est ou non susceptible de résister à l'action continue des agens destructeurs.

Les pierres siliceuses, c'est-à-dire celles qui font feu avec le briquet, ne s'altèrent point, en général, par l'action du feu, tandis qu'au contraire les pierres calcaires sont sujettes à éclater au feu dans les incendies. En cas de doute, on exposera la pierre que l'on veut connaître à l'action du feu pendant quelques heures, et on verra si elle se fend, si elle s'écaille, ou si elle se calcine à sa surface.

On connaîtra si une pierre résiste aux corrosions salines en la laissant séjourner dans l'eau de mer ou dans quelques liqueurs salines.

M. Vicat (*a*) a observé que la contexture particulière des pierres modifie d'une manière singulière les effets que le froid exerce sur elles. On croit communément que les pierres à

(*a*) Recherches sur les mortiers, page 90.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grains fins et serrés doivent mieux résister à la gelée que les pierres poreuses et perméables. « L'expérience, dit cet habile ingénieur, dément tous les jours cette conclusion; car les grès et une foule de pierres calcaires, tellement perméables qu'on peut s'en servir pour filtrer, résistent parfaitement aux plus grands froids, tandis que certaines pierres dures et compactes, à cassure vitreuse, tombent en éclats.

» On se rend facilement compte de ce qui se passe dans ces diverses circonstances, en considérant que c'est moins la quantité d'eau contenue dans un corps solide, que la disposition qu'elle peut y prendre, qui décide sa rupture. Quand elle peut se loger dans ce qu'on nomme des fils, quelque imperceptibles qu'ils soient, elle agit comme coin dans toute leur étendue; mais, dans les pierres à tissu poreux ou cellulaire, il ne peut y avoir aucun ensemble dans les efforts de la dilatation; car elle s'effectue séparément dans chaque interstice, et comme tous sont contigus, les efforts se contre-balancent : c'est ainsi que, quel que soit le nombre des voûtes d'un pont, toutes les poussées se détruisent l'une par l'autre. Près des surfaces, ces efforts sont encore affaiblis par une légère transsudation, qui rejette hors de la pierre une très petite partie de l'excès de volume dû à la dilatation; cela tient à ce que cette dilatation commence à s'effectuer quand l'eau jouit encore de sa fluidité : aussi remarque-t-on que les pierres perméables se couvrent d'une mince enveloppe de glace à la suite d'un froid rigoureux. Quand la transsudation n'est pas libre, les surfaces s'effleurissent, et de proche en proche les corps tombent en poussière jusqu'au centre. Au reste, ces effets sont sans cesse modifiés par le degré de ténacité des corps. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Classification des pierres.

Les lithologues ont établi diverses méthodes pour classifier les pierres. *Cronsted* les a classées d'après leur composition chimique; Haüy, d'après la forme naturelle d'agrégation de leurs parties constituantes; et quelques autres naturalistes ont pris pour base de classification les qualités apparentes ou physiques.

La plupart des constructeurs distribuent les pierres dont ils font usage, en trois classes, savoir les marbres, les pierres dures et les pierres tendres. Ils désignent par le mot marbre toutes les pierres susceptibles de recevoir un beau poli. Ainsi ils comprennent dans cette classe le basalte, le porphyre, la serpentine, le granite, que les lithologues placent au nombre des pierres composées ou roches, et enfin les pierres calcaires susceptibles d'être polies, qui sont les seules auxquelles les naturalistes donnent le nom de marbre.

Les pierres placées dans la classe des marbres, outre la propriété qu'elles ont de recevoir un beau poli, qui est due à leur grande dureté, ont la plupart encore celle d'être disposées dans les carrières en de grandes masses qui donnent le moyen de former des blocs plus ou moins volumineux, suivant le besoin.

Les pierres que les constructeurs désignent par le nom de *dures*, ont cependant bien moins de dureté que les marbres, et elles ont aussi moins d'homogénéité. Dans les carrières, ces pierres se trouvent ordinairement par lits ou bancs, dont l'épaisseur arrive rarement à 2 pieds. Les bancs, ayant une très petite adhérence entre eux, déterminent le maximum d'épaisseur des blocs, qui conséquemment devient très bornée, ne pouvant excéder celle de ces bancs.

Les pierres tendres s'appellent ainsi parce qu'elles ont moins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de dureté que les précédentes; mais elles sont également disposées dans les carrières par bancs d'une médiocre épaisseur.

On distingue aisément les pierres dures d'avec les tendres, en ce que les premières ne peuvent se débiter qu'au moyen de la scie à l'eau et au grès : telles sont à Paris la pierre de liais et le cliquart; à Rome, la pierre travertine; à Venise, la pierre d'Istrie. Les pierres tendres se débitent à la scie à dents; le Conflans, le Saint-Leu à Paris, la pierre de Costosa à Vicence, sont de ce genre.

Examinons maintenant en détail les genres et les espèces de pierres que renferment les trois classes admises par les constructeurs.

PREMIÈRE CLASSE.

Marbres, ou pierres susceptibles de recevoir un beau poli.

Basalte.

Le basalte est un produit volcanique d'une grande dureté; c'est une espèce de lave d'un gris noir et quelquefois verdâtre. Le pied cube de cette matière pèse, en terme moyen, 201 livres; elle est susceptible d'une très grande résistance verticale : M. Rondelet a reconnu que, pour écraser un cube de 4 pouces de superficie de base, il faut un poids de 124,416 livres. Cette résistance est cinq à six fois plus grande que celle du *cliquart* et du *liais*, qui sont les pierres les plus fortes que l'on emploie communément à Paris; et cette même résistance, comparée à celle de la pierre de Saint-Leu, est quarante fois plus grande.

Le basalte se trouve souvent par colonnes prismatiques, composées de plusieurs blocs superposés régulièrement. On en voit de cette espèce en Auvergne, dans le Padouan, à Stolpen en Poméranie, près de Marienbourg, en Irlande dans le comté d'Antrim et en plusieurs autres endroits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quoique la grande dureté du basalte en rende le travail long et coûteux, les Égyptiens et les Romains l'ont employé assez fréquemment pour en faire des cuves, des sarcophages et des statues. Le Musée possède quelques beaux monumens antiques en basalte, et spécialement un lion en basalte vert imitant le bronze; ce basalte est bien plus rare et plus précieux que le gris ou le noir.

Le basalte, en général, a la contexture serrée, le grain fin, présente des fractures brillantes et prend un poli éclatant. On s'en est servi et on s'en sert encore en quelques endroits pour le pavage des rues et des grandes routes.

Porphyre.

Le porphyre est après le basalte la pierre la plus dure dont les constructeurs fassent usage. Cette roche, dont la base est le pétrosilex entremêlé de feldspath, est rouge ou verte, parsemée de petites taches blanchâtres et de petits points noirs. Le beau porphyre vert est plus rare que le rouge.

Les anciens tiraient le porphyre dont ils faisaient usage, d'Égypte, de Numidie, d'Éthiopie, des îles de l'Archipel, etc. Ils en formèrent des colonnes monolithes quelquefois colossales; celles qui existent encore à Sainte-Sophie de Constantinople ont environ 40 pieds de hauteur. On voit à Rome, à Venise, à Pise et dans quelques autres villes d'Italie, un grand nombre de colonnes et de tronçons de colonnes en porphyre. Le Musée de Paris en possède de très belles, ainsi que des statues, des vases, des cuves et des tables de la même matière.

Les anciens ont inséré, dans le pavé de quelques-uns de leurs grands édifices, de belles dalles de porphyre. Les Italiens ont quelquefois imité le même genre de magnificence; on voit du porphyre dans le pavé de l'église de Saint-Pierre à Rome,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans celui de Saint-Marc à Venise, et dans celui de plusieurs autres églises moins célèbres. On connaît en Europe plusieurs carrières de porphyre. Une des plus considérables existe en Suède, près d'Elfredalen ; on y a établi une manufacture de vases et d'ornemens précieux, que l'on confectionne à l'aide de machines fort ingénieuses, mues par des roues hydrauliques.

On trouve en France du porphyre dans les montagnes d'Esterel et du Pujet, près de Roquebrune; à Fixin, département de la Côte-d'Or; dans les Vosges, auprès de Remiremont; à Fougeraies, près de Château-Briant : la Transylvanie, la Norwége, la Saxe, possèdent aussi des belles variétés de porphyre.

Le poids moyen d'un pied cube de porphyre est de 196 livres. Suivant Rondelet, il faut un poids de 119,808 livres pour écraser un cube de 4 pouces de superficie de base. On voit donc que la résistance verticale de cette roche n'est guère moindre que celle du basalte.

Serpentine.

La serpentine est une pierre verte avec des taches blanchâtres, très dure et d'une nature analogue au porphyre. On l'emploie rarement, si ce n'est pour des vases et autres ornemens de luxe. Il ne faut pas la confondre avec le marbre que les Grecs appelaient ophite, dont la teinte est d'un vert brun mêlé de taches quadrangulaires, et de veines jaunes et vert pâle.

Granite.

Le basalte et le porphyre sont trop rares et ont une trop grande dureté pour être employés fréquemment. Il n'en est pas de même du granite, dont on trouve de nombreuses et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'abondantes carrières dans toutes les parties de l'Europe. Quoique sa dureté suffise pour rendre les constructions solides, et pour ainsi dire inaltérables, elle n'est point tellement excessive qu'elle puisse rebuter les constructeurs par un travail trop long et trop coûteux. Dans plusieurs pays la pierre de taille que l'on emploie usuellement n'est autre chose que du granite; c'est ainsi qu'à Milan on s'en sert, non-seulement pour la construction des monumens et des palais, mais encore pour les maisons particulières les plus simples. C'est avec du granite que l'on forme les jambages, les chambranles, les marches des escaliers, les pavés, les soubassemens, les chaînes et encognures des murs, les entablemens, etc. A Nantes, les soubassemens de beaucoup de maisons sont en granite jusqu'au premier étage.

Les Égyptiens, et après eux les Romains, firent le plus grand usage du granite. Cette roche, composée ordinairement de quartz, de feldspath et de mica, a été nommée par les Italiens *granito*, à cause de la multitude de grains ou taches différemment colorées et assez régulièrement distribuées que présente sa surface. On distingue plusieurs variétés de granites, qui diffèrent entre elles par la couleur, par la contexture plus ou moins homogène, et par la dureté. Le poids d'un pied cube n'est pas le même pour toutes les qualités de granite, il varie depuis 180 jusqu'à 200 livres : le beau granite rouge oriental pèse 186 livres le pied cube. La force est également variable; car, pour écraser un cube de 4 pouces de base, il faut un poids de 52,704 livres, si c'est du granite rose oriental; de 49,536, si c'est du granite feuille morte des Vosges; de 39,168, si c'est du granite gris de Bretagne; et seulement de 25,344, si c'est du granite gris des Vosges. Ainsi, la résistance verticale du granite de cette dernière qualité ne surpasse guère celle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du cliquart et du liais, tandis que celle du granite rose oriental est plus que double.

Les constructeurs distinguent deux sortes de granites, le dur et le tendre. Le dur est celui où le quartz abonde, et où il n'y a que peu de mica. Le granite tendre, que l'on désigne quelquefois par le nom de grison, ne contient que peu de quartz; il est friable, conserve mal ses arêtes et ne forme pas de belles constructions.

Le granite jouit de la précieuse propriété de pouvoir fournir aux constructeurs des blocs d'une dimension colossale. Les obélisques égyptiens, dont plusieurs décorent maintenant avec magnificence les places de Rome, sont des troncs de pyramides très alongées, monolithes, d'une hauteur et d'une masse surprenantes. Celui que Sixte-Quint fit élever sur la place de Saint-Jean-Latran a 102 pieds de hauteur; sa base inférieure carrée a 9 pieds de côté; sa cubature est de 5,200 pieds environ, et son poids de 990,000 livres à peu près.

Les anciens Égyptiens ont employé de grands blocs de granite pour faire des architraves et des plafonds d'une seule pièce. Quelques-uns de ces blocs avaient depuis 22 jusqu'à 50 pieds de longueur.

Les colonnes de granite donnent la facilité de se procurer des points d'appui qui n'occupent que peu d'espace, extrêmement solides et d'une forme agréable : aussi en a-t-on trouvé un nombre prodigieux dans les ruines des édifices antiques de Rome. Les Romains tiraient leurs colonnes de granite de l'Égypte, de l'île de Chypre et de l'île d'Elbe.

Les colonnes monolithes qui décorent le portique du Panthéon romain sont de cette matière, et ont 36 pieds de hauteur. Le superbe temple, près du Colisée, dédié à Rome et à Vénus, dont l'architecte fut l'empereur Adrien même, était placé au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

milieu de deux portiques soutenus par de grandes colonnes de granite, que les fouilles récentes ont mis à découvert. Le *Forum* de Trajan, ainsi que la basilique ulpienne et le temple de Trajan qui en faisaient partie, étaient également décorés de plusieurs colonnes de granite monolithes, dont quelques-unes avaient des dimensions colossales. Le grand salon des Thermes de Dioclétien contient des colonnes monolithes de granite égyptien, ayant 36 pieds de hauteur; on en voit deux autres de même dimension dans la basilique de Saint-Paul. Le Musée de Paris possède plusieurs belles colonnes de granite oriental de moyenne dimension.

On voit à Milan, dans la cathédrale et dans l'église de San-Fedele, de très belles colonnes modernes en granite appelé *migliarolo*, qui ont environ 30 pieds de hauteur. La plupart des palais et des édifices de cette ville sont décorés intérieurement de portiques en colonnes de granite qui font un très bel effet.

A Pétersbourg, la statue équestre de Pierre-le-Grand est placée sur un piédestal monolithe, formé par un énorme bloc de granite qui avait, avant d'avoir été taillé, 42 pieds de long sur 27 de large et 21 de haut. J'ai indiqué, dans mon Traité du mouvement des fardeaux, les moyens ingénieux que M. Carburi a mis en usage pour transporter cette énorme masse dont le poids était d'environ trois millions de livres.

Les anciennes carrières du beau granite égyptien se trouvent depuis Syène ou Assuan jusqu'aux cataractes du Nil; elles sont situées sur le flanc des montagnes.

Les îles de Sardaigne, de Corse, d'Elbe, fournissent plusieurs variétés de granite; la Toscane possède aussi des carrières de cette roche. Celui qu'on appelle *granito di arno* est olivâtre, piqueté de points blancs et bruns. La variété appelée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minerale della grassina est grise, parsemée de taches blanches.

Aux environs du lac Majeur, du côté de Baveno et du mont Orfano, on trouve les carrières du beau granite dont on se sert à Milan ; on lui donne le nom de *migliarolo*. On distingue le migliarolo rosso, qui est picoté de points gris, rouges, noirs et blancs, d'avec le migliarolo blanc, qui est marqueté de petites taches grises et noires sur un fond blanc.

Les plus beaux granites de France se trouvent auprès de Rouvrai, sur la route d'Auxerre à Dijon ; et aux environs d'Agey, près de la montagne de Sombernon. On trouve, dans les montagnes des Vosges, des granites verts, des granites gris et des granites feuille morte : les montagnes de la Bourgogne et de l'Auvergne, les côtes de l'Océan, depuis Cherbourg jusqu'à la Loire, en sont abondamment pourvues.

Le granite, débité en dalles plus ou moins épaisses, est excellent pour le pavage ; il sert aussi convenablement pour faire des bornes, et il est très utile pour la construction des ouvrages hydrauliques à la mer.

Marbres proprement dits.

Les marbres sont des pierres calcaires ou carbonates de chaux colorés par des oxides métalliques, dont le grain est fin, la contexture serrée, et la densité telle qu'ils peuvent recevoir un beau poli. Les principales espèces sont :

1° Le marbre blanc statuaire : il a la propriété d'avoir une sorte de transparence lorsqu'on le débite en lames minces ; les anciens, avant l'invention des vitres, adaptaient ces sortes de lames aux fenêtres ; le marbre blanc de Cappadoce était celui que l'on employait de préférence à cet usage. On rapporte que le temple de la Fortune, que Néron fit construire, avait des murs de cette matière, qui étaient transparens ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° L'albâtre, qui est une espèce de marbre plus transparent, mais moins dur que le marbre proprement dit; étant facile à travailler, on en forme des vases, des ornemens délicats et de petites statues. Il y a de l'albâtre blanc et du veiné. L'albâtre ne doit point être confondu avec l'alabastrite, qui est une sorte de gypse ayant l'apparence de l'albâtre, mais moins de force et de dureté : tel est l'alabastrite de Lagny près de Paris;

3° Les marbres qui n'ont qu'une seule couleur, tels que le noir, le rouge et le jaune antique; ils sont ordinairement plus compactes, plus pesans et plus durs que les marbres de couleurs mélangées;

4° Les marbres nuancés de différentes couleurs : le nombre de variétés de cette espèce de marbre est très grand; on les distingue soit par la conformation des taches, qui sont ou ondées, ou veinées, ou arrondies, et plus ou moins grandes, soit par les divers mélanges de couleurs;

5° La brèche : on appelle ainsi une espèce de marbre qui est composé de petits fragmens arrondis, différemment colorés et unis par un ciment calcaire;

6° Le marbre lumachelle, qui est un amas de petites coquilles qu'un ciment calcaire a entourées et réunies.

Outre cette subdivision des marbres en espèces, les artistes en ont adopté une autre, qui les distingue en marbres antiques et en modernes. Les premiers sont ceux dont les carrières sont épuisées, ou bien dont l'exploitation a cessé depuis plusieurs siècles; les seconds sont les marbres indigènes, qui sont ou pourraient être exploités.

Les marbriers de Rome vendent des collections de petits morceaux de marbre pour en faciliter la connaissance; et à Paris, on peut, en parcourant les galeries du Musée, s'exercer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à connaître les plus belles et les plus rares variétés; car cet établissement magnifique contient une précieuse collection de colonnes et de vases en très beaux marbres antiques et modernes.

Les marbres sont sujets à plusieurs défectuosités, que l'on désigne ainsi qu'il suit :

Marbre fier, est celui qui oppose beaucoup de résistance à la taille, et éclate facilement quand on veut y former des arêtes.

Filandreux ou *filardeux*, celui dont la masse est séparée par des fils ou fentes qui le rendent sujet à se fendre, et nuisent à l'uniformité de son poli.

Terrasseux, celui qui a des cavités plus ou moins grandes remplies de substances terreuses, auxquelles on est obligé de substituer du mastic.

Pouf, celui qui est susceptible de s'égrener, et qui par conséquent se refuse à recevoir des arêtes vives ou d'autres parties fines de sculpture.

Cameloté, celui qui paraît terne après avoir été poli.

La plupart des marbres n'offrent point dans leurs carrières des masses aussi homogènes, aussi fortement liées et réunies, que les porphyres et les granites. Dans plusieurs espèces un examen attentif fait apercevoir des couches superposées, plus ou moins régulières, adhérentes et rapprochées, et souvent à peine visibles. Il faut avoir égard à cette conformation, lorsqu'on soumet les blocs de marbre au sciage ou à la taille. Il est essentiel de les débiter autant que possible dans un sens parallèle aux couches susdites. Il est des cas cependant où il faut s'écarter de cette règle : le marbre de Felueil, dont on fait usage à Paris depuis quelques années, et qui est connu sous le nom de petit granite, offre une exception remarquable; les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

veines de ce marbre, étant parallèles aux couches, présenteraient une disposition désagréable si l'on ne prenait le parti de le débiter dans un sens oblique.

Parcourons maintenant avec rapidité les principales variétés de marbre, en adoptant la subdivision qui les classe en antiques et modernes.

Marbres antiques.

Les marbres blancs ou statuaires, dont firent usage les Grecs et les Romains, étaient particulièrement le pentélique, le Paros, le marbre du mont Hymette, le marbre de Luna, et le marbre cappadocien.

Le marbre pentélique s'appelle, en Italie, *cipolla* ou cipolin statuaire, à cause de certaines couches ou veines verdâtres qui en séparent les masses, et qui servent à le faire reconnaître, ainsi que quelques petits points noirs que Dolomieu y a fait remarquer. Le Parthénon à Athènes, et le Stade qu'Érode-Atticus fit construire, étaient de ce marbre, lequel ayant la propriété de se diviser facilement par tranches, servait souvent à former les dalles qui couvraient les temples.

Le marbre de Paros, si renommé par son éclatante blancheur, a les grains plus gros et plus éclatans que le pentélique.

On tirait du mont Hymette, près d'Athènes, un beau marbre un peu cendré, dont on faisait des colonnes de grandes dimensions.

Le marbre des anciennes carrières de Luna, près de Carrare, se distingue des précédens en ce qu'il a les grains plus fins que le Paros, qu'il n'a ni les couches verdâtres ni les petits points noirs du pentélique, mais plus d'homogénéité.

Le marbre cappadocien, à cause de sa transparence, était spécialement destiné à former les lames minces que l'on adaptait aux fenêtres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les marbres noirs antiques sont le Ténarien, le Lydien, l'Alabandique et celui de l'île de Chio. Le marbre de Syène, en Égypte, était noir avec des taches rousses. Le marbre antique appelé en Italie *nero e bianco*, est mélangé de blanc, de noir et de jaune. Le portor est un marbre noir, avec des veines d'un jaune doré, qui se tirait des anciennes carrières de Luna, près de Carrare. Il y a deux variétés de marbres antiques dits *africains :* l'un est noir avec de grandes taches blanches; l'autre est un très beau marbre mélangé d'un rouge couleur de chair, et d'un rouge sanguin foncé, avec des veines obscures et noires, fort minces et ondoyantes. Le Musée de Paris possède des colonnes de ces quatre dernières espèces de marbre.

Le rouge antique est un marbre d'une seule couleur et d'une grande dureté. Il existe à Rome des statues de Bacchus, de Faunes et de Silène, en rouge antique. On voit au Musée de Paris une louve de ce marbre. Le *rosato-antico* présente de grandes taches jaunes et rouges fondues ensemble.

On distingue diverses espèces de jaunes antiques : 1° le jaune antique proprement dit, d'une seule couleur jaune doré, étant très dur, reçoit un poli éclatant ; ce marbre est fort rare : 2° la brèche de jaune antique, dont on voit plusieurs pièces au Musée de Paris, est veinée de rouge et de jaune fondus ensemble : avec des veines blanches: 3° une autre brèche jaune antique est parsemée de petites taches jaunes, rouges et verdâtres, distinguées par des traits noirs.

Il y a diverses variétés de vert antique; le plus connu est un mélange de vert tendre, de vert foncé, avec des points noirs. On voit au Musée plusieurs colonnes de ce marbre précieux.

Le marbre gris antique, appelé *pidochioso*, est tacheté de petits points noirs, gris et jaunes. Le *cipolino-antico* est veiné

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de blanc, de jaune doré et d'un gris tirant sur le vert. Les colonnes monolithes du temple d'Antonin et Faustine sont de ce marbre, dont le Musée possède quelques colonnes de moyenne grandeur. Le marbre numidique est grisâtre, avec de petites taches jaunes.

La brèche antique, appelée *porta-santa*, est mélangée de taches inégales bleues, blanches, rouges et grises.

Le *lumachello* est ainsi nommé parce qu'il est rempli de taches grises, noires et blanches, tournées comme des petites coquilles de limaçons.

L'albâtre égyptien était célèbre par sa beauté et par sa transparence. Le Musée possède une superbe statue d'Isis en albâtre égyptien. L'albâtre oriental veiné est remarquable par les riches et belles nuances de couleur qu'il présente.

Marbres modernes.

Les marbres modernes les plus estimés viennent de l'Italie et d'Espagne. La France possède près de deux cents carrières de marbres plus ou moins beaux, qui ont été jusqu'à présent trop négligées.

Parmi les beaux marbres d'Italie on distingue particulièrement les blancs de Carrare, de Gênes, de Sienne, de Saint-Julien près de Pise. Dans presque tous les endroits où il y a du marbre blanc on trouve du marbre veiné de gris ou de roux. Le pied cube de marbre blanc pèse 188 livres, et il faut un poids de 19,000 livres environ pour écraser un cube de 4 pouces de base.

La Sicile et Volterra en Toscane fournissent de belles qualités d'albâtre blanc transparent, dont on fait des vases et des statues.

Le marbre noir le plus estimé s'appelle *parangone*, et se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tire du Bergamasque ; on en trouve aussi à Frabosa en Piémont, à Braga et à Vallerano en Toscane, à Garzaniga dans le Bressan. Le marbre noir pèse 190 livres, et il faut un poids de 47,000 livres pour écraser un cube de 4 pouces superficiels de base. On trouve du marbre noir et blanc à Porto-Venere, à Alcino, à Braga, etc.

Le marbre appelé *Bardiglio* a la teinte bleu turquin mêlé de taches de blanc sale; on en trouve à Carrare, sur les côtes de Gênes, près de Sienne, etc.

Dans le Bergamasque, on trouve du beau marbre gris de plomb et blanc appelé *Occhiadino*, à cause de la conformation de ses taches. La Toscane, le Génois, possèdent quelques marbres analogues.

On trouve du marbre vert nuancé à Susa, à Saravezza, à Porto-Venere, à Prato, à Pratolino, à Pise, à Pistoie, en Sicile, et en plusieurs autres endroits.

Sienne fournit un beau jaune à taches blanches. Le Véronais, le Trentain, la Sicile, possèdent des variétés de rouge nuancé de différentes manières.

On trouve en Italie de nombreuses variétés de brèches : la plus belle est connue sous le nom de *Diaspro di Sicilia;* elle présente un agréable mélange de rouge, de gris, de vert d'olive et de blanc. On peut voir au Musée deux magnifiques colonnes de ce marbre.

Les carrières d'Italie offrent aussi plusieurs variétés de *lumachelle*, c'est-à-dire de marbre coquillé, et diverses variétés de *brocatelle*. Le marbre brocatelle de Sienne, qui présente des taches violettes et couleur d'orange, est fort beau ; mais les brocatelles les plus estimés sont ceux d'Espagne, qui viennent de Tortose, dans l'Andalousie. Il y en a deux variétés principales, l'une à fond rouge sanguin avec de petites taches jaunes, do-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rées, grises et blanches ; l'autre mélangée de couleurs isabelle jaune, rouge pâle et gris.

Les anciens, et après eux les Italiens, ont fait grand usage de marbre dans les édifices publics et dans les palais des riches. Les temples de Rome bâtis du temps des empereurs en étaient la plupart revêtus tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Des colonnes d'une seule pièce les environnaient, de gros blocs formaient les entablemens et les frontons, le toit était couvert de grandes dalles en marbre, et les pavés revêtus de riches mosaïques.

Tous les paremens visibles des arcs de Titus, de Septime-Sévère et de Constantin, ou, pour mieux dire, de Trajan, étaient construits avec de gros blocs de marbre blanc.

Une grande partie de l'intérieur du Colisée avait un revêtement en marbre précieux, et la plupart des gradins qui formaient les siéges pour les spectateurs étaient en marbre blanc, taillé et mis en œuvre avec une intelligence admirable.

Les plus anciennes églises de Rome, construites à l'instar des basiliques, étaient soutenues intérieurement par deux ou par quatre files de colonnes en marbre d'un seul morceau. Dans Saint-Pierre et dans un grand nombre d'autres églises modernes de Rome, les colonnes et les revêtemens de marbre précieux brillent de toutes parts. A Paris, nous n'avons que les galeries du Musée qui puissent nous donner une idée de cette espèce de décoration aussi magnifique que durable, et laquelle, quoique coûteuse, mérite bien d'être imitée, à cause de son inaltérabilité lorsqu'elle a été soigneusement exécutée.

Les marbriers de Rome savent travailler le marbre avec autant d'adresse que d'économie. Ils ont l'art de revêtir (*impelliciare*), avec des lames très minces, des pilastres, des colonnes et autres ouvrages, qui paraissent être d'une seule pièce.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ils savent tailler les joints de manière que le mastic qui les unit forme des veines et des accidens qui paraissent naturels au marbre; ils profitent par ce moyen des plus petits morceaux et des plus irréguliers, qu'ils savent varier de manière à réunir les beautés des marbres les plus précieux.

La France, quoique richement pourvue de marbres de toutes les espèces, a négligé jusqu'à présent l'emploi de ces matériaux, dont le mérite ne consiste point seulement dans l'éclat du poli et dans la beauté des couleurs, mais bien plus dans la dureté, dans la force, dans la grandeur des masses, qui permettrait de remplacer, par des colonnes et des architraves monolithes, ces péristyles fastueusement mesquins, où de nombreuses raies noires, tracées par l'intempérie des saisons, décèlent la petitesse et la mauvaise qualité des matériaux qui y furent employés.

Les marbres subissent en général trois préparations principales, savoir le *sciage*, la *taille* et le *polissage*.

Sciage.

Le sciage se fait à l'aide d'une scie sans dents sous laquelle on dépose alternativement de l'eau et du grès pilé. Le sciage peut s'effectuer de deux manières différentes, ou à l'aide d'une machine mue par l'eau courante, ou simplement à bras d'homme. Par la première méthode, en usage en Flandre et en plusieurs autres endroits, on obtient une très grande économie. Il est des usines où le prix du sciage mécanique est réduit à la huitième partie de ce que coûte le sciage ordinaire, et où par exemple le sciage d'un pied superficiel de marbre ne revient qu'à 3 sous au lieu de 24 que coûterait le même ouvrage effectué par un scieur. Il est donc bien désirable que de semblables établissemens se multiplient, surtout auprès des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carrières, de manière qu'au lieu de transporter les blocs bruts, on n'ait plus qu'à transporter des pièces déjà taillées et façonnées.

Le sciage mécanique s'effectue à l'aide d'un ou de plusieurs châssis armés d'un nombre de lames proportionné à la force des moteurs. On voit en Flandre des usines dont les châssis ont jusqu'à 16 lames de 8 pieds de longueur, et que l'on écarte plus ou moins suivant l'épaisseur que l'on veut donner à chaque tranche. La roue hydraulique transmet aux châssis un mouvement alternatif horizontal; une trémie verse continuellement sur le bloc que l'on débite, l'eau et le grès nécessaires.

Les scies dont les *scieurs* de marbre font usage ont environ 8 pieds de longueur. Un bon scieur produit, en terme moyen, cinquante alternations de scie en une minute, c'est-à-dire il la pousse et il la retire cinquante fois, en lui faisant parcourir de 15 à 20 pouces à chaque allée et venue.

Pour débiter les tranches, on réunit autant que possible plusieurs morceaux bout à bout, de manière que le trait soit au moins de 6 pieds de long et au plus de 7 pieds 6 pouces; ensuite on les scelle en plâtre sur une dalle de pierre d'environ 6 pieds, avec des rebords de chaque côté.

M. Morisot ayant fait un grand nombre d'observations sur le travail des scieurs de marbre, en a déduit les appréciations suivantes :

1° Le sciage de l'albâtre des Pyrénées, qui est le plus tendre des marbres, exige 56 heures pour une toise superficielle; et le polissage, 57 heures.

2° Le sciage du blanc statuaire, du blanc veiné et du noir de Caen, exige 72 heures pour une toise superficielle; et le polissage, 62 heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Le sciage d'une toise carrée d'albâtre oriental exige 76 heures.

4° Le sciage d'une toise carrée du bleu turquin et du bleu antique exige 80 heures.

5° Le sciage d'une toise carrée du Rance, du Cerfontaine, du Sauzielle, du Traîneau, du Franchimont, du Merlemont, du Saint-Remy, du Malplaqué, du Rouge-de-Laval, du Château-Landon, du Bourbonnais gris et du lumachelle à petites coquilles, exige 84 heures.

6° Le sciage d'une toise carrée de griotte de Flandre, du Voldané, du Solure, du Gochené, du Barbançon, du Vausor et de la brèche grise, exige 88 heures.

7° Le sciage d'une toise carrée de dix variétés du Sainte-Anne, du Bocanal et de la brèche d'Alep, exige 92 heures.

8° Le sciage d'une toise carrée du Feleuil exige 96 heures.

9° Le sciage d'une toise carrée du Laval noir, de la griotte d'Italie, du Languedoc incarnat, du Californie, du Cervelas, du Roquebrune, du Tray, du Saint-Beaume, du Saracolin, du Dantin, du Vegrette, du vert-campan, du campan rouge non cuivré, du campan isabelle, du brocatelle antique et du brocatelle d'Espagne, exige 100 heures.

10° Le sciage d'une toise carrée du vert-vert ou vert de Gênes, du Portor, de la brèche violette, du jaune de Sienne, du jaune de Vérone, de la brèche de Venise, exige 112 heures.

11° Le sciage d'une toise carrée du Bourbonnais blanc et fond rouge du Balvacaire, du Languedoc turc, exige 116 heures.

12° Le sciage d'une toise carrée de noir de Dinan, de noir de Namur, de jaspe de Sicile, exige 120 heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

13° Le sciage d'une toise de brèche violette, de campan rouge lorsqu'il s'y trouve beaucoup de parties cuivrées, de lumachelle à grandes coquilles, exige 124 heures.

14° Le sciage d'une toise carrée du Tarentaise, du vert de Turin, du vert d'Égypte, du vert de Nice, de la brèche africaine et du jaspe du four, exige 128 heures.

15° Le sciage d'une toise carrée de vert antique exige 132 heures.

16° Le sciage d'une toise carrée de cipolin, et de vert porreau exige 136 heures.

17° Le sciage d'une toise de granite gris de Normandie exige 504 heures.

18° Le sciage d'une toise carrée de granite de Bretagne exige 560 heures.

19° Le sciage d'une toise carrée de granite gris des Vosges exige 700 heures.

20° Le sciage d'une toise carrée de granite, dit feuille morte des Vosges exige 728 heures.

21° Le sciage d'une toise carrée de granite vert des Vosges exige 756 heures.

22° Le sciage d'une toise carrée de granite rose antique exige 784 heures.

23° Le sciage d'une toise carrée de porphyre exige 1,176 heures.

Les observations de M. Morisot, que nous venons de rapporter, sont d'une grande utilité, non-seulement parce qu'elles donnent le moyen de calculer exactement le prix du sciage des espèces de marbre les plus connues, mais encore parce qu'elles offrent un tableau comparatif de la dureté, c'est-à-dire de la résistance qu'ils peuvent opposer aux frottemens.

M. Morisot n'a point borné ses recherches au sciage des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marbres ; mais il a examiné en détail ce qui concerne la taille et le polissage.

Taille des marbres.

M. Morisot a déterminé qu'en 22 heures un marbrier peut faire un pied cube d'évidement sur blanc statuaire ou blanc veiné, pour ébaucher une colonne ou des moulures. Mais le même ouvrier consommera 32 heures de travail pour creuser un pied cube de même marbre entre quatre côtés conservés, comme lorsqu'il s'agit de faire des cuvettes et des baignoires.

Les personnes qui désirent connaître de nombreuses indications relatives à la taille des autres espèces de marbres, doivent consulter le quatrième volume de l'ouvrage de M. Morisot, que nous avons déjà cité, et qui est intitulé Tableaux détaillés des prix des ouvrages de bâtiment.

Polissage.

Le polissage ainsi que le sciage peut s'effectuer, ou à l'aide de machine, ou simplement à bras d'homme. Le premier moyen est bien plus économique, surtout lorsqu'il est mis en usage auprès des carrières mêmes, là où un courant d'eau offre un moteur vigoureux et peu coûteux. Les machines que l'on peut employer pour le polissage des marbres, sont à peu près semblables à celles en usage dans quelques manufactures de glaces.

On distingue, dans le polissage du marbre, six opérations consécutives.

La première opération se nomme *égrisage*, et sert à faire disparaître les trous que le ciseau ou la scie a laissés sur la surface du marbre. On l'effectue en frottant le marbre avec un morceau de grès, ou bien avec des molettes, sous lesquelles on met du grès pilé et de l'eau. La seconde opé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration consiste à le frotter avec un morceau de faïence non émaillé ou bien avec la pierre de Gothland, sous laquelle on met du sable doux ou de la ponce pulvérisée. Troisièmement, on remplit soigneusement de mastic les cavités qui se trouvent à la surface du marbre. Quatrièmement, on *adoucit*, c'est-à-dire on mouille et on frotte avec une pierre ponce des plus dures. Cinquièmement, on *plombe*, c'est-à-dire on frotte avec une molette de plomb, sous laquelle on met de l'émeri très fin; ou bien on se sert d'un bouchon de linge fin pour molette, avec du plomb en limaille et de l'émeri très fin. Sixièmement, on *relève*, c'est-à-dire on donne le dernier poli que chaque marbre peut recevoir; et cela d'abord à l'aide d'un bouchon de linge humecté d'eau et trempé dans de la *potée* réduite en poudre, et ensuite on frotte à sec.

On nomme *potée* une poudre extrêmement fine qui sert à donner le dernier poli. Les marbriers en connaissent deux principales, savoir : la *potée rouge* et la *potée d'étain*. La première est une combinaison de $\frac{1}{6}$ de salpêtre brut et de $\frac{5}{6}$ de sulfate de fer, que l'on expose, après le mélange, à une forte chaleur pendant 24 heures; on pulvérise le tout, on le lave à plusieurs reprises et on le passe au tamis. La *potée d'étain* est le résultat de l'oxidation de l'étain par l'eau forte, et la plus belle vient de la province de Cornouailles, en Angleterre.

Les observations de M. Morisot sur le polissage nous offrent le tableau suivant.

Polissage d'une toise carrée.

L'albâtre des Pyrénées exige	57 heures.
Noir de Caen, Bocanal, blanc statuaire, blanc veiné, albâtre oriental	62
Rance, Cerfontaine, Sauzielle, Franchimont,	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Merlemont, Voldené, Solure, Gochené, Barbançon, Vausor, Saint-Remy, Malplaqué, rouge Laval, rouge de Caen, lumachelle à petites coquilles, bleu turquin, bleu panaché. . . . . 67 heures.

Griotte de Flandre, brèche grise, dix variétés de Sainte-Anne, Felueil, Château-Landon, Bourbonnais gris 73

Laval noir, Bourbonnais blanc fond rouge, brèche universelle, griotte d'Italie, Languedoc incarnat, Califurnie, Cervelas, Roquebrune, Salaison, brèche d'Alep, Tray, Saint-Beaume, Serancolin, Dantin, Veyrette, vert-vert, campan vert, campan rouge, campan isabelle, brèche violette, brèche de Vérone, brèche de Venise, brocatelle antique, brocatelle d'Espagne . . . 87

Noir de Dinan, noir de Saumur, Balvacaire, Languedoc-turc, portor, jaune de Sienne, jaune de Vérone, jaune antique 95

Lumachelle à grandes coquilles, brèche africaine, jaspe de Sicile, jaspe du four, vert antique, 114

Vert de Turin, vert de mer, vert d'Égypte, Tarentaise, brèche violette, campanr ouge cuivré. 119

Cipolin, vert-porreau 143

Granite rose des Pyrénées 456

Granite gris des Vosges, granite de Cherbourg, granite gris et vert des Pyrénées, granite oriental 485

Granite, feuille morte des Vosges 542

Granite vert des Vosges 570

Porphyres 1,026

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME CLASSE.

Pierres dures non susceptibles d'être polies.

Les pierres fortes et résistantes que l'on emploie dans les constructions sans être polies, se nomment *pierres dures*, pour les distinguer de celles qui servent au même usage, mais qui ont moins de dureté.

Les bonnes qualités que l'on désire généralement dans les pierres dures sont, indépendamment de leur force, d'avoir le grain fin et homogène, la texture uniforme et compacte, de résister à l'humidité, à la gelée, et de ne pas éclater à un feu violent. Mais comme il existe peu d'espèces qui réunissent éminemment toutes ces propriétés, l'architecte, qui n'est pas toujours le maître d'employer des matériaux sans défauts, doit s'attacher à étudier soigneusement les qualités des pierres dont il pourra faire usage, et à chercher les moyens d'en éluder les défectuosités. Il les éludera s'il sait assigner à chaque espèce la position, la forme et la grandeur qui seront les plus analogues à sa nature.

En effet, si, dans un édifice quelconque, il y a des parties exposées à l'humidité et à toutes les intempéries de l'air, il y en a d'autres que leur position mettra à l'abri de ces agens nuisibles. De même, s'il y a des parties exposées à de fortes pressions et à des frottemens réitérés, il y en a aussi qui n'ont que des charges très médiocres à supporter, ou bien sur lesquelles les frottemens ne peuvent agir.

Les bancs des pierres sont communément séparés par des couches plus ou moins épaisses de matière pierreuse non encore consolidée, et à laquelle on a donné le nom de *bousin*. Il importe de dépouiller soigneusement les pierres de cette ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tière sujette à se dissoudre à la pluie et à l'humidité, et à se réduire en poussière, ainsi que le font les *moies*.

On appelle *moies* les cavités qui se trouvent dans les pierres et qui sont remplies d'une substance moins dure. Lorsque les moies ont une certaine étendue en longueur et qu'elles forment des espèces de fentes plus ou moins considérables, on les nomme *filandres*. Si ces fentes n'ont qu'une petite épaisseur, on leur donne le nom de *fils*. Une pierre se dit *pleine* si elle n'a ni *moies*, ni *filandres*, ni *fils*. *Pierre franche* est celle dont la contexture étant homogène ne présente pas de défauts dans sa taille et n'offre pas de résistance irrégulière à l'outil qui la façonne. Les tailleurs de pierre appellent *fières* celles qui sont difficiles à travailler et qui repoussent le marteau ; ils appellent *coquillières* celles qui contiennent des coquilles, et *caillouteuses* celles qui renferment des cailloux.

Les pierres qui forment des masses continues peuvent sans inconvénient être mises en œuvre dans un sens quelconque. Il n'en est pas de même des pierres qui résultent de couches superposées, plus ou moins épaisses, plus ou moins uniformes et plus ou moins adhérentes: dans ce cas, pour qu'elles puissent supporter la plus grande pression possible, il faut qu'elles soient mises en œuvre dans le même sens que dans la carrière, ou, pour mieux dire, il faut que les couches soient parallèles entre elles et horizontales; car, dans cette position, le poids superposé contribue à consolider leur union, au lieu que ce même poids tendrait évidemment à les feuilleter, c'est-à-dire à les séparer par lames, si les pierres étaient placées dans un sens oblique ou vertical par rapport à ces mêmes couches. Cette fausse position des pierres mises en œuvre se nomme pose *en délit*. Tous les constructeurs s'accordent à la proscrire, comme très nuisible à la solidité : cependant il est un cas où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la pose en délit peut être tolérée, et c'est lorsque l'on veut faire des colonnes d'une seule pièce, en se servant de pierres calcaires du genre dont nous nous occupons; mais il faut alors que ces colonnes n'aient qu'un poids médiocre à supporter. Les colonnes de la façade de Versailles du côté des jardins, et celles de la cour du Louvre, sont ainsi disposées.

On nomme pierres de *grand* ou de *bas appareil* celles qui portent plus ou moins de hauteur de banc après avoir été ébousinées et atteintes au vif. Pierres *brutes* sont celles qui n'ont pas été ébousinées; *débitées*, celles qui ont été taillées à la scie; *faites*, celles qui sont entièrement taillées et en état d'être posées.

On donne le nom de *pierres de taille* à celles qui ne s'emploient qu'après avoir été équarries et taillées régulièrement.

Les *libages* sont de gros quartiers trop bruts et trop irréguliers pour être équarris; ils servent spécialement dans les fondemens.

Les *moellons* sont des petits blocs qui proviennent soit d'un banc peu épais, soit de la taille des gros blocs. Avant de les employer, il faut les ébousiner; et lorsqu'on les met en œuvre, il faut avoir soin de les poser sur leur lit. Les moellons seront d'autant meilleurs, qu'ils seront bien équarris et bien gisans. On appelle moellon *piqué* celui qui est réduit à une hauteur uniforme, et dont le parement est piqué avec la pointe du marteau.

Les pierres dures que les constructeurs emploient sont ou calcaires ou siliceuses.

Pierres dures calcaires.

Liais.

La plus belle des pierres calcaires dures dont on fasse usage à Paris et aux environs est le *liais*. Son grain est fin, sa texture

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compacte et uniforme; mais il ne porte que de 7 à 12 pouces de hauteur de banc. On en distingue deux variétés, le liais franc ou doux, et le liais férault. Ce dernier est plus dur et s'emploie de préférence à l'extérieur. La chapelle de Versailles en est bâtie. On tire le liais du faubourg Saint-Jacques, de Saint-Cloud et de Saint-Leu. Le pied cube pèse 170 livres. Un cube de 4 pouces superficiels de base s'écrase sous le poids de 27,000 livres. Le sciage d'une toise superficielle exige 67 heures. On en fait des bases de colonnes, des cimaises d'entablement, des tablettes de balustrades, des chambranles de cheminée et des pavés pour les vestibules et les salles à manger. Dans les carrières de cette pierre, on remarque que les bancs inférieurs ne sont pas d'aussi bonne qualité que les premiers, ils sont sujets aux moies et aux fils, et sont séparés par des couches épaisses de bousin. Le liais souffre des dégradations par la gelée, lorsqu'on l'emploie dans l'arrière-saison et avant que son eau de carrière soit entièrement évaporée.

Cliquart.

Le cliquart est une pierre dure, moins fine que le liais : on la tire d'Arcueil, de Meudon et de Vaugirard. L'épaisseur de ses bancs est de 12 à 14 pouces. Son poids est de 170 livres le pied cube. Pour écraser un cube de 4 pouces de superficie de base, il faut un poids d'environ 24,000 livres. On emploie cette pierre pour faire des assises au rez-de-chaussée et des socles sous les colonnes.

Roches.

Les pierres ainsi nommées ont de la dureté; mais elles sont coquilleuses : on les tire de Bagneux, de Passy, d'Arcueil, de Châtillon, de Saint-Maur et de Saint-Leu. L'épaisseur des bancs est de 15 à 18 pouces. La pesanteur spécifique est de 165

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

livres le pied cube. La résistance verticale dont elle est douée est un tiers moindre environ de celle du cliquart.

On voit à Versailles et au Louvre des colonnes d'une seule pièce en roche de Saint-Cloud. Elles ont de 15 à 18 pieds de hauteur : elles sont posées en délit ; mais elles n'ont que des charges médiocres à supporter. Le sciage d'une toise carrée de cette pierre exige 72 heures.

Banc franc.

Cette pierre, dont le poids est d'environ 160 livres le pied cube, a le grain plus fin et plus homogène que les roches ; mais sa résistance verticale est un peu moindre. La meilleure se tire d'Arcueil ; elle porte environ 12 pouces d'épaisseur. Les parties inférieures de l'église de Sainte-Geneviève sont construites de cette pierre. Le sciage absorbe 45 heures chaque toise carrée.

Pierre de Saillaucourt.

Elle a servi à la construction du pont de Neuilly et de celui de Louis XVI. Elle pèse 168 livres le pied cube. Sa résistance verticale n'est qu'environ la moitié de celle des roches. Les temples antiques de Sicile sont construits avec une pierre analogue et qui se trouve en grandes masses dans les carrières.

La pierre de Château-Landon, près de Nemours, se trouve en forme de roche à 12 pieds sous le sol. On en exploite des blocs qui ont jusqu'à 16 pieds de long sur 4 à 5 de large et 3 de hauteur. Cette pierre a une couleur jaunâtre. Son grain est assez fin et sa contexture serrée ; mais elle est remplie d'une grande quantité de petites cavités. L'arc de triomphe à la barrière de l'Étoile est construit en pierres de Château-Landon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pierre travertine de Rome.

Cette pierre calcaire dont le grain est fin résiste à toutes les intempéries de l'air, ne prend point des teintes irrégulières et désagréables comme le font les pierres de Paris; mais elle est persillée et elle a le défaut commun aux pierres calcaires d'éclater au feu. Ses bancs n'ont pas des épaisseurs égales; leur hauteur varie de 20 à 28 pouces. Le pied cube pèse 165 livres; sa résistance verticale est moindre que celle du cliquart et du liais, et est à peu près égale à celle des pierres que nous désignons sous le nom de *roches*. Saint-Pierre, le Colisée, le théâtre de Marcellus et la plupart des beaux édifices antiques et modernes de Rome, sont construits avec cette pierre. Celle qui fut employée à la construction des temples de Pestum a beaucoup d'analogie avec le travertin de Rome.

Piperno de Rome.

C'est une pierre moins belle que le travertin, mais plus dure, qui se conserve mieux dans l'eau, et dont les anciens se sont servis pour construire la *Cloaca maxima*.

Pierre d'Istrie.

Les plus beaux édifices de Venise sont construits avec cette pierre calcaire, qui a des qualités analogues à celle de Château-Landon, au travertin et à la pierre de Vérone. On en distingue de trois espèces : savoir, les blanches fines, les blanches cendrées et les blanches rousses.

Les blanches fines sont les plus belles; leur grain est extrêmement fin et compacte; elles se taillent très bien et se polissent comme le marbre. Les bancs étant fort épais, on peut en tirer de gros blocs pour faire des colonnes, des architraves et des corniches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les blanches cendrées sont un peu plus dures et plus fortes; mais elles noircissent à l'air.

Les rousses sont les moins dures, et l'air salé de la mer les ronge.

Pierres composées.

Peperino de Rome.

C'est une espèce de lave grise, dont on fait usage à Rome. Le pied cube ne pèse que 138 livres. Quoique sa résistance verticale soit un tiers moindre environ que celle du travertin, néanmoins elle est plus difficile à tailler, parce qu'elle est parsemée de parcelles noires très dures. Les laves sont fréquemment employées dans les constructions à Naples et en Toscane.

Pierre meulière.

La pierre *meulière*, dont on se sert à Paris en guise de moellon brut, est de nature siliceuse, et, pour ainsi dire, criblée de trous plus ou moins grands; on en tire beaucoup de Corbeil. Lorsque cette pierre est employée avec du bon mortier, elle forme une maçonnerie très solide et nullement désagréable à la vue, surtout quand les paremens sont encadrés de pierres de taille, comme on le remarque aux abattoirs et à l'entrepôt des vins. Cette espèce de maçonnerie exige une plus grande quantité de mortier; et il faut aussi plus de temps pour qu'elle se sèche. L'action du feu n'altère point la pierre meulière.

Grès.

Le grès est une conglomération de grains de sable quartzeux, réunis à l'aide d'un gluten particulier. Cette pierre se trouve souvent en masses ou rochers informes, et quelquefois par bancs ou couches de différentes épaisseurs. La taille du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grès est dangereuse pour les ouvriers qui le travaillent sans prendre les précautions nécessaires, lesquelles consistent à se placer de manière qu'un courant d'air puisse entraîner la poussière du côté opposé et loin d'eux. On remarque que, plus le grès est dur, plus il se laisse facilement diviser en morceaux d'une figure déterminée.

Le poids moyen du grès est de 175 livres le pied cube. Sa résistance aux pressions est à peu près égale à celle du cliquart et du liais.

En plusieurs pays il est employé comme pierre de taille, et il fait de bonnes constructions quand il est bien choisi.

Auprès de Mayence, on trouve des carrières de grès, qui fournissent des blocs d'une grosseur considérable, qu'on emploie dans la construction des édifices. Il se laisse tailler proprement, il reçoit les ornemens les plus délicats de la sculpture ; il n'est point sujet à se déliter et il résiste bien aux intempéries de l'air et de l'eau.

A Paris, le grès est spécialement employé au pavage. Il y en a de deux espèces, le dur et le tendre ; la couleur de ce dernier tire sur le gris. Quelquefois on l'emploie dans la maçonnerie en guise de moellon ; dans ce cas, on doit le mettre en œuvre avec du mortier de chaux et de ciment ; et les maçons laissent ordinairement des cavités dans les assises, pour prévenir les mauvais effets que pourrait produire une inégale dessiccation du mortier. En général, le grès employé comme moellon ne réussit pas très bien, parce qu'il ne se lie que faiblement au mortier.

Schistes.

On donne le nom de schistes à des pierres feuilletées, telles que l'ardoise. On distingue deux sortes d'ardoises, la dure et la tendre : la dure sert à faire des pavés et des dessus de table ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la tendre, qu'on débite en feuilles très minces, sert à couvrir les édifices.

La *beola*, dont on se sert à Milan pour faire des dalles de grande dimension, qui ont beaucoup de force avec une médiocre épaisseur, est une espèce de schiste micacé que l'on tire de Bevera, près de Domo-d'Ossola.

TROISIÈME CLASSE.

Pierres tendres.

Les pierres tendres dont on fait le plus d'usage à Paris, sont la lambourde et le Saint-Leu.

Les bancs de lambourde portent depuis 24 jusqu'à 36 pouces de hauteur. Le pied cube pèse environ 130 livres. Sa résistance verticale n'est environ que la cinquième partie de celle des roches. On tire la lambourde d'Arcueil, du faubourg Saint-Jacques, de Bagneux, de Montrouge. Il faut la laisser sécher sur la carrière avant de l'employer; car elle est sujette à la gelée. Le sciage d'une toise carrée de lambourde exige 4 heures et demie.

Saint-Leu.

La meilleure pierre tendre qu'on emploie à Paris est celle de Saint-Leu-sur-Oise. Elle pèse 120 livres le pied cube. Sa résistance verticale est un peu moindre que celle de la lambourde. Il y en a de trois espèces, l'une qu'on appelle simplement Saint-Leu, la seconde est appelée pierre de Trossy, et la troisième se nomme vergelé. La pierre de Trossy est très fine et très belle; on l'emploie ordinairement aux ouvrages de sculpture et aux ornemens d'architecture. La pierre dite vergelé est plus ferme que le Saint-Leu et le Trossy, elle est même d'un plus gros grain et plus jaunâtre; on l'emploie aux ponts, quais et autres ouvrages de cette espèce, ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés à l'eau et aux injures du temps, auxquelles elle résiste fort bien.

Conflans.

La pierre tendre que l'on extrait de Conflans Sainte-Honorine, près de Saint-Germain, a un grain très fin et elle est appropriée aux ouvrages de sculpture. L'entablement du portique de Sainte-Geneviève est de cette pierre.

Ceppo de Milan.

Cette pierre tendre, dont on fait usage à Milan, est jaunâtre et facile à travailler ; mais elle s'endurcit à l'air et prend une teinte grisâtre. Plusieurs églises et autres édifices de cette ville sont construits avec cette pierre, dont le pied cube pèse 155 livres, et dont la résistance est plus que double de celle de la lambourde et du Saint-Leu.

Tufs.

Les tufs sont des pierres volcaniques, moins dures que les laves, et dont on fait beaucoup d'usage à Rome, à Naples et dans plusieurs autres endroits. Vitruve les désigne sous le nom de *pallienses*, de *fidenates* et *albanenses*. Les unes sont rougeâtres et les autres d'un gris-jaunâtre. Leur poids n'est que d'environ 90 livres le pied cube, et leur résistance verticale est un peu moindre que celle de la pierre de Saint-Leu.

Les tufs, ainsi que la plupart des pierres tendres, lorsqu'ils sortent de leur carrière, n'ont point encore acquis le degré de force et de dureté dont ils sont susceptibles ; voilà pourquoi on ne devrait jamais les mettre en œuvre qu'après les avoir exposés une année au moins à l'air, pour que leur humidité naturelle s'évapore et qu'ils puissent prendre toute leur consistance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

Des pierres artificielles et des mortiers.

Briques.

De toutes les espèces de pierres factices, il n'en est aucune qui soit d'une aussi grande utilité que les briques; car elles suppléent parfaitement aux pierres, dans les endroits où celles-ci sont rares; elles résistent beaucoup mieux au feu et à l'humidité, et elles peuvent réunir la force à la légèreté: cette dernière propriété les rend précieuses pour un grand nombre de constructions, et principalement pour celle des voûtes.

L'usage des briques est universellement répandu, et remonte à l'antiquité la plus reculée. Les anciens faisaient usage de deux espèces de briques, les *briques crues* et les *briques cuites :* les crues furent employées par les Babyloniens, les Egyptiens, les Grecs, et en général par les nations placées dans des pays chauds et dans des climats secs; mais, comme elles ne peuvent résister ni à la gelée ni à l'humidité, leur usage ne peut être convenablement adopté dans les lieux froids et humides, si ce n'est pour des murs intérieurs bien abrités. Voici les préceptes que Vitruve nous a transmis pour la fabrication des briques crues :

Les bonnes briques, dit ce célèbre architecte, doivent être composées de terre argileuse blanche ou rouge, mêlée avec du sable. Cette espèce de terre se façonne aisément, et donne aux briques tout-à-la-fois de la fermeté et de la légèreté; mais il faut rejeter les terres arides ou graveleuses, boueuses ou sablon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neuses : les briques faites avec les premières sont lourdes, et la paille qu'on y mêle ne s'y attache point, à cause de leur aridité; celles faites avec les secondes ont l'inconvénient grave de se décomposer et de se détruire lorsqu'elles sont mouillées par les pluies.

Le printemps et l'automne sont les saisons les plus propices pour la fabrication des bonnes briques. Celles que l'on fabrique en été se dessèchent trop promptement à l'extérieur, tandis que l'intérieur conserve encore son humidité, laquelle ne peut s'évaporer qu'en formant des gerçures de toutes parts, et en faisant perdre aux briques leur consistance.

On ne doit employer les briques crues que deux ans après leur fabrication.

Ces sages précautions, que Vitruve prescrit pour les briques crues, sont applicables également aux briques cuites, qui ne diffèrent des premières que parce qu'ayant été soumises à l'action d'un feu violent, elles ont acquis un degré de dureté, de force et d'inaltérabilité qu'elles n'auraient pu avoir sans la cuisson.

On connaît qu'une terre est propre à la fabrication des briques lorsqu'étant humectée et pétrie avec les mains, elle s'attache avec ténacité, et reçoit les diverses impressions des doigts qui la pénètrent sans produire de crevasses. Si l'on reconnaît qu'elle n'a point la ductilité et le liant nécessaires, on peut souvent lui donner la qualité qui lui manque par divers mélanges et additions d'argile pure ou de sable.

On ne saurait avoir de bonnes briques si l'on ne purge, avec le plus grand soin, la terre que l'on veut employer de toutes les substances pierreuses ou pyriteuses qui pourraient s'y trouver entremêlées; car ces substances hétérogènes, se calcinant, se boursoufflant, ou servant de fondant à l'argile, altèreraient nécessairement les briques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les briques seront d'autant meilleures, que la terre aura été corroyée et pétrie avec plus de perfection, et en n'employant que la quantité d'eau nécessaire, qui, en général, ne doit point excéder un demi-pied cube par pied cube d'argile. On facilite cette opération essentielle en extrayant la terre vers la fin de l'automne, pour l'exposer, pendant l'hiver, aux pluies et à la gelée, qui en pénètrent et subdivisent la masse. Dans la plupart des fabriques, on pétrit et on corroie la terre argileuse avec les pieds; dans quelques autres, on a essayé des moyens mécaniques plus ou moins ingénieux pour rendre cette opération plus prompte, plus économique et plus parfaite; mais ils n'ont pas encore obtenu le degré de facilité et de simplicité nécessaire pour être proposés avec une pleine confiance.

Lorsque la terre a été parfaitement purgée, corroyée et pétrie, on moule les briques dans des cadres qui ont la forme, la grandeur qu'on veut leur donner, et qu'on a le soin de saupoudrer chaque fois avec du sable fin. Il est essentiel de comprimer le plus possible la pâte dans le moule; car l'expérience a prouvé que la force des briques augmente lorsqu'elles ont plus de densité. M. Gallon a proposé de comprimer les briques crues sous un balancier; cette méthode a été mise en usage avec succès. M. Mollerat présenta à l'exposition de 1819 des briques crues très dures, faites par compression à l'aide de la presse hydraulique. (*Voyez* Annales de l'Industrie, tome I, page 42.)

Avant de faire cuire les briques, il faut les faire sécher lentement dans un lieu qui ne soit exposé ni à l'humidité, ni au vent, ni à la pluie.

Les fours à briques contiennent depuis 25 jusqu'à 50 milliers de briques; on les y arrange en les posant de champ sur les longs côtés, de manière que le premier rang croise les ba-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

guettes du foyer, le second rang croise le premier, et ainsi de suite, en laissant toujours un certain vide entre les briques. Le dernier rang est recouvert d'une couche d'argile de 4 pouces d'épaisseur, afin de concentrer la chaleur, et de pouvoir la modifier à volonté, en y pratiquant des ouvertures. Lorsque le feu est allumé, il doit être modéré pendant 24 heures, puis on l'augmente et on le soutient 36 heures à ce degré. Après les premières 60 heures de feu, on l'augmente jusqu'à ce qu'il ait acquis la plus forte intensité, que l'on fait durer le plus également qu'il est possible jusqu'à l'entière cuisson des briques. La masse entière d'une fournée ne pouvant obtenir le même degré de cuisson, il en résulte nécessairement diverses qualités de briques qui servent à des ouvrages analogues à leur qualité respective.

Il faut laisser refroidir très lentement les briques avant de les sortir du four; car un refroidissement trop accéléré rend les briques sujettes à se feuilleter et à se réduire en poudre, soit sous le fardeau, soit à la gelée.

On peut obtenir des briques d'une grande dureté, en les cuisant de nouveau après qu'elles auront été refroidies, et qu'on les aura immergées dans l'eau pendant quelque temps.

Voici les principaux indices de la bonté des briques : 1° lorsqu'elles rendent un son clair quand on les frappe; 2° lorsque le grain est fin et serré dans la cassure; 3° lorsqu'ayant été exposées pendant l'hiver à la pluie et à la gelée, elles n'ont point été altérées.

Une brique bien cuite est sonore, d'une couleur brune ou rouge, et ne se détrempe point dans l'eau. Lorsqu'une brique est *biscuite*, c'est-à-dire lorsqu'elle a subi une nouvelle cuisson, sa couleur est alors plus foncée, sa dureté plus grande; elle est moins avide d'eau qu'auparavant, et résiste mieux aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intempéries de l'air. Elle est *surcuite* quand elle a subi une demi-vitrification ; sa cassure est alors vitreuse, sa couleur gris de fer ; elle ne happe plus à la langue, et elle raie le verre.

Moins les briques auront d'épaisseur et plus elles acquerront de force et de dureté, parce que la dessiccation et la cuisson auront pu, en atteignant complètement l'intérieur, donner à la masse entière une consistance uniforme. Les anciens avaient adopté l'usage de forer en plusieurs endroits les briques épaisses et d'entremêler dans leur pâte de la paille pour faciliter l'introduction de la chaleur dans la partie interne.

Les anciens ont fabriqué des briques dont la légèreté spécifique était moindre de celle de l'eau. On prétend que la coupole de Sainte-Sophie à Constantinople est construite en briques de cette espèce. M. Fabroni de Florence est parvenu à faire des briques très légères par un mélange de $\frac{2}{3}$ d'*agaric minéral*, ou *farine fossile*, qu'on trouve abondamment en Toscane, avec $\frac{1}{3}$ d'argile : ces briques s'unissent très bien avec les différens mortiers, et ne s'altèrent point par l'action du froid et du chaud; leur poids n'est que la vingtième partie de celui des briques ordinaires, lesquelles pèsent, en terme moyen, 167 livres le pied cube. Les briques de M. Fabroni ont la propriété utile de former un si mauvais conducteur du calorique, qu'on peut tenir une des extrémités entre ses doigts, tandis que l'autre est rouge de chaleur. M. Faujas a trouvé, dans le département de l'Ardèche, une substance semblable à celle avec laquelle M. Fabroni a fabriqué ses briques légères. Les essais qu'il en a faits ont confirmé les résultats précédens.

Les briques que l'on retrouve dans les monumens antiques de Rome sont carrées ou triangulaires. Les plus grandes avaient 2 pieds de côté, les moyennes 1 pied et demi; leur grosseur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était de 20 lignes à 2 pouces. La plupart portaient une empreinte qui désignait la fabrique d'où elles sortaient et l'époque de la fabrication. Les collections d'antiquités contiennent plusieurs de ces empreintes.

Les briques modernes ont une forme différente et de bien plus petite dimension que les antiques; elles sont rectangulaires au lieu d'être carrées. Leur longueur est de 8 à 12 pouces; elles ont en largeur la moitié à peu près de cette dimension; leur épaisseur est de 18 à 26 lignes.

Des mortiers en général.

Les mortiers doivent être considérés comme des pierres factices; car ils peuvent acquérir la dureté et la ténacité des pierres, et ils ont la propriété de contribuer à la formation de blocs continus d'une grandeur et d'une forme quelconques, en réunissant intimement un grand nombre de petites masses.

On donne en général le nom de mortier à un mélange de chaux avec diverses substances siliceuses ou argileuses, telles que le sable, la brique pilée, les pouzzolanes naturelles ou artificielles, etc. Lorsque ce mélange est bien fait, il doit adhérer fortement aux pierres ou à la brique et former corps avec elles.

Examinons d'abord séparément les substances qui entrent dans la composition des mortiers, et voyons ensuite ce qui les concerne.

Chaux.

La pierre à chaux est un carbonate calcaire qui souvent se trouve combiné avec une petite quantité de substances de diverses natures, telles que l'alumine, la magnésie, la silice, le gypse et les oxides de fer et de manganèse.

La calcination réduit la pierre à chaux à l'état de chaux vive,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle a la propriété de contracter une forte adhérence soit avec les sables, soit avec d'autres substances qu'on emploie pour faire le mortier.

La calcination s'opère dans un fourneau dont la forme interne reconnue la plus convenable, est une ellipsoïde à base circulaire. Les plus grosses pierres doivent être placées près du foyer, où la chaleur a plus d'intensité. La pierre calcaire change plusieurs fois de couleur pendant la cuisson; elle prend d'abord une teinte foncée, tantôt noire, tantôt grise, bleuâtre ou verdâtre, à laquelle succède le blanc ou le fauve, qui sont les couleurs ordinaires de la chaux cuite à un degré convenable. Pour produire la calcination, il faut au moins 100 heures d'un feu violent et continu; on connaît qu'elle est complète lorsqu'il s'élève au-dessus du fourneau un cône de feu vif sans mélange de fumée.

La calcination modifie les substances qui constituent la chaux, chasse l'eau de cristallisation et une partie de l'acide carbonique. Si la calcination est parfaite, la chaux fuse (c'est-à-dire se défait, s'étend et se sépare) promptement et complètement dans l'eau; mais si l'on dépasse le terme convenable de calcination, alors la chaux devient *paresseuse*, c'est-à-dire qu'elle acquiert la propriété de rester plusieurs heures et quelquefois un jour ou deux dans l'eau sans s'éteindre.

La chaux vive, exposée à l'air, attire fortement l'humidité, et se réduit, au bout de quelque temps, en poussière très fine; pendant cette extinction naturelle, il y a un léger dégagement de chaleur, mais sans vapeur sensible. Le poids de la chaux commune augmente de deux cinquièmes environ, et son volume devient deux fois ou deux fois et demie plus grand.

Si l'on jette sur la chaux vive, sortant du four, une quantité d'eau convenable, elle se fend avec bruit, se boursouffle, pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duit un dégagement considérable de vapeurs brûlantes, légèrement caustiques, et se fond en bouillie épaisse; et, en cet état, on la nomme *chaux fusée* ou *chaux coulée*. Il est des qualités de chaux qui, étant ainsi éteintes, triplent leur volume.

Quand on veut obtenir une chaux fusée parfaite, il faut donner au premier coup assez d'eau pour n'être point obligé d'y revenir au moment de l'effervescence, ou bien attendre le refroidissement pour en ajouter une nouvelle quantité; mais il faut surtout ne pas noyer la chaux dans une grande quantité d'eau, comme le font trop souvent les maçons, qui la réduisent d'abord à consistance laiteuse, et la versent ensuite dans des fosses perméables, où elle se dessèche et perd ses qualités.

M. Lafaye, et après lui M. Fleuret, ont proposé d'éteindre la chaux par immersion, au moyen d'un panier rempli de chaux concassée, que l'on plonge dans l'eau. La chaux vive, plongée ainsi dans l'eau pendant quelques secondes, et retirée avant le commencement de la fusion, siffle, éclate avec bruit, répand des vapeurs brûlantes, et tombe en poudre. Elle peut se conserver long-temps dans cet état, pourvu qu'on la mette à l'abri de l'humidité. Elle ne s'échauffe plus lorsqu'on la détrempe.

L'extinction de la chaux par l'action spontanée de l'air ou par l'immersion, ne réduit point les particules de chaux à un aussi haut degré de ténuité que le procédé ordinaire de *couler* la chaux: pour composer avec de la chaux éteinte des deux premières manières un mortier en apparence aussi gras et aussi liant que celui que donne le procédé ordinaire, il en faut employer une plus grande quantité.

Les constructeurs distinguent deux espèces de chaux, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grasse et la maigre. La grasse est ainsi nommée à cause de sa propriété de foisonner beaucoup, et de former, à quantités égales de chaux et de sable, un mortier plus gras que la chaux maigre. Il se trouve en effet des qualités de chaux dont le volume, mesuré en poudre vive, se triple par l'extinction ordinaire, et d'autres qui ne rendent qu'un et un cinquième. La plupart des chaux maigres ont la propriété précieuse de prendre corps sous l'eau.

M. Vicat (*a*), ayant remarqué que quelques chaux maigres ne jouissent point de cette prérogative, a désigné par le nom de chaux hydrauliques celles qui, cuites au degré ordinaire, durcissent en peu de temps sous l'eau sans le secours d'aucun ingrédient étranger.

Les chaux hydrauliques affectent le plus souvent une teinte grise de boue ou de brique crue. Lorsqu'elles sont réduites en bouillie liquide par l'extinction, et immergées ensuite, elles rejettent, en se solidifiant, une partie de l'eau qu'elles contenaient; elles en prennent, au contraire, une nouvelle quantité, si, au lieu d'une bouillie liquide, on en forme une pâte trop ferme. Les chaux grasses restent constamment à l'état de pâte molle, non-seulement dans l'eau, mais dans les bassins imperméables où on les éteint, si l'on a eu la précaution de les couvrir de terre ou de sable. Léon - Baptiste Alberti dit que l'on trouva, dans une fosse, de la chaux éteinte depuis environ 500 ans qui était encore moite et très bien délayée.

Lorsqu'on est intéressé à connaître la qualité d'une pierre à chaux, le meilleur moyen est d'en calciner un fragment à un feu de forge; d'en former ensuite, par l'extinction ordinaire,

(*a*) Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une bouillie pâteuse, qu'on placera au fond d'un vase sous une eau pure; et si, au bout de huit ou quinze jours, cette bouillie a pris de la consistance et résiste à l'impression du doigt, c'est une preuve qu'elle peut fournir de la chaux hydraulique. Si la bouillie est molle, c'est le caractère certain d'une chaux commune.

En général, les chaux maigres ou hydrauliques sont les seules qui peuvent donner, par leur mélange avec le sable ordinaire, d'excellens mortiers pour les constructions exposées à l'air et à l'humidité.

M. Vicat a trouvé le moyen de réduire les chaux communes en chaux hydrauliques. Cette méthode mérite toute l'attention des constructeurs par sa grande utilité; elle a reçu l'approbation de l'Académie des Sciences et du Conseil des Ponts et Chaussées.

« Elle consiste, dit M. Vicat, à laisser se réduire spontanément en poudre fine, dans un endroit sec et couvert, la chaux que l'on veut modifier; à la pétrir ensuite, à l'aide d'un peu d'eau, avec une certaine quantité d'argile grise ou brune, ou simplement avec de la terre à brique, et à tirer de cette pâte des boules qu'on laisse sécher, pour les faire cuire ensuite au degré convenable.

» On conçoit déjà qu'étant maître des proportions, on l'est également de donner à la chaux factice le degré d'énergie que l'on désire, et d'égaler ou de surpasser à volonté les meilleures chaux naturelles.

» Les chaux communes très grasses peuvent comporter 0,20 d'argile pour 1,00. Les chaux moyennes en ont assez de 0,15; 0,10, et même 0,06 suffisent pour celles qui ont déjà quelques qualités hydrauliques. Lorsqu'on force la dose jusqu'à 0,33 ou 0,40, la chaux que l'on obtient ne fuse point;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais elle se pulvérise facilement, et donne, lorsqu'on la détrempe, une pâte qui prend corps sous l'eau très promptement. Quand les terres argileuses que l'on rencontre sont mêlées de graviers ou de débris calcaires, on les jette dans un grand bassin plein d'eau; on les y délaie en les agitant avec un rabot; on fait couler la bouillie qui surnage dans un second bassin, où elle sert à former, avec la chaux en poudre, les boules en question. On parvient assez facilement avec un peu d'habitude à doser exactement les mélanges, quoique la terre soit ainsi détrempée; la manipulation se fait d'ailleurs mieux et plus vite que de toute autre manière.

» Il ne faut pas croire que l'argile cuite à part, et ajoutée à la chaux commune dans les proportions que nous venons d'indiquer, puisse donner les mêmes résultats que lorsque ces deux substances sont mêlées avant la cuisson. Le feu modifie les uns par les autres les principes qui constituent le mélange et donne naissance à un nouveau composé qui jouit de nouvelles propriétés. Cette vérité devient palpable lorsqu'on compare, par exemple, la couleur de la chaux factice (à argile ferrugineuse), qui tire sur le vert pâle un peu jaunâtre, à celle que contracte la chaux commune, broyée avec un peu de ciment rouge. Du reste, il y a une très grande différence dans la manière dont ces composés se comportent sous l'eau.

» Il est bon de faire observer que la chaux factice ainsi obtenue, se comportant comme les chaux hydrauliques naturelles, ne foisonne que très peu par l'extinction, et qu'un mètre cube n'équivaut guère, sous ce rapport, qu'à $0^m,60$ de chaux naturelle commune. »

La chaux grasse peut être employée avec économie et utilité pour les ouvrages d'une construction ordinaire, pour ceux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui sont dans des lieux secs et bien abrités, et pour les enduits; mais il faut qu'elle soit préparée avec soin.

La manière ordinaire d'éteindre cette espèce de chaux consiste à former deux bassins contigus, qui se communiquent par un conduit. Le plus petit est plus élevé; il sert à broyer la chaux, et doit avoir une petite grille, à l'entrée du canal de communication, pour retenir les corps étrangers qui peuvent se trouver mêlés avec la chaux. Le grand doit servir de réservoir à la chaux éteinte; lorsque celui-ci est rempli et que la chaux qu'il contient a pris un peu de consistance, on la recouvre d'un ou deux pieds de sable, pour pouvoir la garder aussi long-temps qu'on le désire. La chaux éteinte de cette manière perd ses bonnes qualités : 1° lorsqu'elle a été noyée dans une trop grande quantité d'eau; 2° lorsque les parois du grand bassin sont perméables; 3° lorsque la chaux, sans être convenablement couverte, reste exposée long-temps aux influences de l'air, de la pluie et du soleil.

Plusieurs constructeurs habiles préfèrent le procédé enseigné par Philibert de Lorme, qui consiste à former un ou plusieurs bassins assez grands pour contenir la chaux nécessaire pour la construction entière des bâtimens que l'on se propose d'élever; puis la couvrir partout d'environ 2 pieds d'épaisseur de bon sable; ensuite, d'arroser ce sable à différentes reprises, de manière qu'il soit bien abreuvé, afin que la chaux en reçoive assez pour se dissoudre également : mais il faut avoir soin de fermer avec promptitude les fentes ou crevasses qui se forment dans le sable.

Vitruve veut qu'on laisse macérer long-temps dans les bassins la chaux fusée, avant de s'en servir, afin, dit-il, que, s'il se trouvait quelques pierres qui n'eussent point acquis au four le degré de cuisson nécessaire, elles pussent, par la lon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gueur du temps, se diviser aussi parfaitement que les autres. Si l'on veut former des enduits avec de la chaux nouvelle qui n'a pas éprouvé une macération entière dans l'eau, il s'y trouve des petites pierres moins cuites, qui forment sur l'enduit des grains apparens, et qui, venant à se dissoudre, gâtent et détruisent le poli de l'ouvrage, forment des fentes et des gerçures.

Voilà pourquoi, suivant Pline, les anciennes lois défendaient aux entrepreneurs d'employer la chaux fusée dans des bassins couverts de sable, avant qu'elle n'eût trois années de fusion.

L'eau la plus pure est la meilleure pour éteindre la chaux; les eaux troubles et boueuses l'altèrent; les eaux de puits, lorsqu'elles tiennent en dissolution, comme à Paris, des sels et des matières minérales, souvent contraires à la chaux, doivent être, autant que l'on peut, exclues, ainsi que l'eau de mer. Il paraît cependant que l'on peut quelquefois employer, sans inconvénient, cette dernière pour l'extinction de quelques espèces de chaux grasses.

M. Vicat (*a*) ayant fait des expériences sur 105 espèces de mortiers, pour connaître l'influence du mode d'extinction de la chaux sur leur dureté respective, a obtenu des résultats qui sont en opposition avec l'idée généralement reçue que la chaux éteinte spontanément à l'air s'énerve et perd toute son énergie. Il a reconnu, au contraire, qu'en comparant les trois procédés d'extinction, par fusion, par immersion, et spontanée, le dernier est supérieur au second, et celui-ci au premier, pour les chaux communes, grasses, moyennes ou maigres, ainsi que pour les chaux hydrauliques peu énergiques. La su-

(*a*) Recherches sur les mortiers, page 42.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

périorité indiquée est plus grande pour les chaux communes les plus grasses, et diminue au fur et à mesure qu'elles deviennent plus maigres et plus hydrauliques, de manière que, pour celles qui le sont éminemment, l'ordre de supériorité s'intervertit, et le procédé d'extinction par fusion acquiert la première place, et celui de l'extinction spontanée la dernière. M. Vicat assure que la manière d'éteindre les chaux exerce une influence tellement prononcée sur la dureté des mortiers, qu'en certains cas elle peut la sextupler.

« La supériorité de l'extinction spontanée, dit M. Vicat, tient à des faits singuliers, que personne, que nous sachions, n'avait remarqués avant nous : c'est qu'une longue exposition à l'air, dans un lieu couvert et fermé au vent seulement, donne à ces espèces de chaux, à celles qui sont grasses surtout, des propriétés hydrauliques bien prononcées. Nous ne connaissons pas encore les limites du temps nécessaire à chaque chaux pour acquérir le maximum d'amélioration dont elle est susceptible ; mais l'expérience a prouvé qu'après une année d'exposition, des chaux grasses ont donné de bien meilleurs résultats que lorsqu'on les a employées immédiatement après leur réduction complète en poudre. » Ces résultats importans et inattendus méritent d'être confirmés par de nouvelles expériences.

La chaux est toujours la base essentielle des mortiers ; mais elle ne suffit point pour leur donner la ténacité convenable : il faut qu'elle soit mêlée avec du sable ou avec d'autres substances, que nous examinerons successivement.

Sable.

Les constructeurs distinguent les qualités de sables d'après leur grosseur et d'après les lieux d'où on les tire. Ils nomment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gravier le gros sable, *arène* celui dont les parties sont moins grosses et plus régulières, et enfin *sablon* celui dont les parties sont les plus ténues.

Les sables de *fosse* ou de *mine*, ceux de *rivière* et ceux de *mer* ont des qualités différentes qui les caractérisent.

Vitruve, Palladio et plusieurs autres constructeurs donnent la préférence au sable de mine sur celui de rivière, pour faire de bon mortier, lorsqu'il ne doit point servir pour les enduits; car, dans ce cas, le mortier fait avec du sable de rivière est moins sujet à se gercer et à se crevasser. Des expériences faites par M. Rondelet ont confirmé en partie l'opinion de ces grands architectes.

Il résulte de ses expériences :

1° Que le sable de mine forme, à dose égale avec la même espèce de chaux, un mortier meilleur, plus dur et plus prompt à sécher que celui fait avec le sable de rivière.

2° Que le sable de mine fraîchement tiré et employé sur-le-champ, tel que la mine le donne, a produit un meilleur mortier que celui fait avec le même sable, mais lavé et séché ensuite au soleil.

3° Les sables siliceux forment un mortier moins dur que les sables moins purs, et ce mortier est très long-temps à sécher.

4° Parmi les diverses espèces de sable, ceux dont la couleur est plus foncée forment en général les meilleurs mortiers.

5° Le mortier fait avec du sable très fin et avec le sablon n'acquiert pas la même dureté que celui fait avec du sable dont les grains sont de grosseur ordinaire.

6° Le grès pilé fait un mortier de mauvaise qualité.

7° Avec la poudre de pierre calcaire dure, on obtient un mortier moins bon que celui fait avec la poudre provenant d'une pierre tendre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Un mélange de chaux avec la pierre à chaux même pulvérisée, ne produit pas un aussi bon mortier que le sable de mine ou de la poudre de pierre d'une autre espèce que celle qui a servi à faire la chaux.

9° De la chaux provenant d'une pierre très dure, mêlée avec de la pierre tendre de Conflans pulvérisée, a produit un mortier qui a acquis une consistance aussi dure et aussi compacte que la pierre de Conflans.

10° Un mélange de chaux et de ciment forme un mortier plus dur que celui auquel on a ajouté du sable.

11° Enfin, le mortier fait avec la chaux et le blanc de Bougival acquiert plus de consistance et présente une contexture plus unie que le plâtre. Ce mélange étant lissé et frotté avec de la peau, devient brillant comme le stuc d'Italie.

Les résultats des expériences de M. Rondelet sont applicables aux chaux grasses, mais ne le sont point aux chaux hydrauliques. M. Vicat a reconnu expérimentalement que les sables purs siliceux conviennent parfaitement aux chaux maigres; il paraîtrait, d'après cela, que le sable de rivière, plus pur que celui de mine, doit lui être préféré pour ces sortes de chaux. La grosseur du sable a une influence marquée sur le degré de force des mortiers exposés à l'air; les expériences ont indiqué à M. Vicat l'ordre de supériorité suivant :

Pour les chaux éminemment hydrauliques : 1° les sables fins; 2° les sables à grains inégaux, résultant du mélange, soit du gros sable avec le fin, soit de celui-ci avec le gravier; 3° les gros sables.

Pour les chaux qui ne sont que médiocrement hydrauliques: 1° les sables mêlés; 2° les sables fins; 3° les sables gros.

Pour les chaux communes, grasses et très grasses: 1° les gros sables; 2° les sables mêlés; 3° les sables fins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Les plus grandes différences que l'emploi de tel ou tel sable puisse faire naître entre les résistances des mortiers à chaux communes, ne s'élèvent guère au-delà d'un cinquième; mais elles dépassent un tiers pour les mortiers à chaux hydrauliques.

« Soit, ajoute M. Vicat, que le hasard y ait eu part, soit que les Romains aient connu les convenances réciproques des qualités de la chaux et de la grosseur du sable, ils ont employé, pour la fabrication de leur mortier, à Cahors, un mélange de sable ordinaire et de gravier, tandis qu'ils pouvaient se servir séparément de l'un ou de l'autre. En d'autres endroits de la France, à Vienne par exemple, où la chaux est médiocre, ils n'ont employé que du gravier. On a trouvé en Syrie des exemples de mortiers antiques romains très durs, et composés avec un sable très fin. L'aspect grisâtre de la chaux dont on s'est servi ne permet guère de douter qu'elle ne soit éminemment hydraulique. »

Le sable marin est ordinairement le plus mauvais. Vitruve lui reproche, 1° d'être trop long-temps à sécher lorsqu'on l'emploie dans la construction des murs ou des voûtes, de sorte qu'on ne peut pas les construire sans interruption, et qu'il faut les laisser reposer; 2° d'avoir l'inconvénient, lorsqu'on recouvre trop tôt d'enduit les murs où ils ont été employés, de les dégrader en rejetant leur sel. Il existe cependant quelques localités, telles que, par exemple, les environs de Salerne, où l'on trouve du sable marin que les constructeurs ont reconnu aussi bon que le meilleur de *mine*.

Suivant Vitruve, l'on reconnaît que le sable est de bonne qualité, 1° si, étant frotté dans la main, il fait un petit bruit, effet que ne produit pas celui qui est terreux et sans aspérités; 2° si on jette du sable sur un vêtement blanc, et qu'a-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

près l'avoir comprimé et secoué il ne laisse aucune marque ni tache.

Il paraît en effet que les aspérités du sable contribuent à lui faire éprouver une liaison plus forte et plus intime avec les particules de chaux.

Ciment.

Le ciment n'est autre chose que de l'argile cuite réduite en poudre; on le forme en pilant des tuileaux ou des briques bien cuites. Le ciment, mélangé convenablement avec la chaux, forme un très bon mortier. Lorsque la chaux que l'on veut unir avec le ciment est éminemment hydraulique, on ajoute beaucoup à la dureté du mortier en faisant biscuire le ciment. M. Sganzin (*a*) rapporte que ce moyen a été employé avec succès à la construction du radier général du pont d'Alexandrie, en Piémont. L'ingénieur militaire chargé de cette construction fit éprouver, dans un fourneau à réverbère, un haut degré de chaleur à un mauvais ciment de briques tendres, et parvint ainsi à le convertir en un excellent ciment. Avant cette opération, dit M. Sganzin, le ciment formait un mortier qui se délayait dans l'eau, et n'était nullement propre à ce genre de construction, pour le succès de laquelle il fallait un mortier qui prît consistance dans l'eau immédiatement après son emploi.

On n'aurait point obtenu un aussi bon succès, si l'on eût employé de la chaux grasse; car il résulte des expériences de M. Vicat que le mélange de ciment biscuit avec de la chaux très grasse, fait perdre au mortier plus des deux tiers de la force qu'il aurait eue si le ciment n'avait point éprouvé une seconde cuisson.

(*a*) Programme du Cours de construction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pouzzolanes naturelles et artificielles.

On donne ce nom, en général, aux substances qui, mêlées avec la chaux, forment un mortier qui durcit promptement dans l'eau.

La pouzzolane naturelle est un produit volcanique qu'on trouve abondamment à Naples et aux environs de Rome. C'est une argile ferrugineuse, mêlée de silice et d'un peu de chaux, et qui a éprouvé l'action d'une très forte chaleur. La Toscane fournit une sorte de pouzzolane moins énergique, que Vitruve nomma *carbuncula*.

On obtient des pouzzolanes artificielles de différentes manières :

1° En pulvérisant le basalte après lui avoir fait éprouver un degré de chaleur considérable.

2° En pulvérisant la pierre ponce.

3° En soumettant à une forte chaleur les schistes, que l'on réduit ensuite facilement en poudre.

4° Les Hollandais pulvérisent, à l'aide de pilons mus par des moulins à vent, une pierre volcanique, connue sous le nom de moellon d'*Andernach*, et qui donne une poudre appelée *trass*, laquelle contient les mêmes principes et a les mêmes qualités que la pouzzolane naturelle.

5° A Amsterdam, on tire de l'argile du fond de la mer : on la fait cuire fortement à la manière des briques ; puis des pilons, mus par un manége, la pulvérisent.

6° Les cendres de la houille qui a servi à la calcination de la chaux forment en général une bonne pouzzolane artificielle; telle est la substance connue sous le nom de cendrée de Tournay.

7° Le grès ferrugineux, cuit et pulvérisé, produit une autre espèce de pouzzolane artificielle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les pouzzolanes artificielles prennent divers degrés d'énergie, selon que la cuisson a été plus ou moins forte. M. Vicat a voulu consulter l'expérience pour connaître quel est le degré de cuisson qui convient le mieux aux diverses espèces pour former le meilleur mortier avec des chaux grasses et des chaux hydrauliques moyennes; il a reconnu :

1° Que le degré de cuisson qu'ont les briques ordinaires est celui qui convient le mieux à l'argile, dont l'énergie s'affaiblit rapidement, ainsi que celle du grès ferrugineux, au fur et à mesure que ces matières approchent du terme où elles commencent à subir une espèce de vitrification.

2° Que la houille réduite en cendres à un feu lent l'emporte sur celle qui est parvenue à l'état de scories, dures ou friables, pesantes ou légères.

3° Que le schiste bleu demande à être chauffé jusqu'au degré où ses feuillets se boursoufflent et se prennent en masses poreuses, légères, friables et d'un vert pâle.

4° Le basalte doit couler.

A l'égard de l'influence réciproque des qualités de la chaux et des pouzzolanes artificielles, les expériences de M. Vicat établissent l'ordre de supériorité suivant :

Pour une chaux hydraulique moyenne : 1° schiste; 2° basalte; 3° argile et grès ferrugineux (égalité).

Pour une chaux grasse commune : 1° argile ferrugineuse et basalte (égalité); 2° schiste; 3° grès ferrugineux.

Pour une chaux commune très grasse : 1° argile ferrugineuse; 2° schiste; 3° basalte; 4° grès ferrugineux.

Pour une chaux commune très maigre : 1° basalte; 2° argile ferrugineuse; 3° schiste; 4° grès ferrugineux.

Dans les limites des proportions ordinaires, un mortier de chaux commune très grasse l'emporte sur celui de chaux hy-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

draulique moyenne, lorsqu'elles sont combinées l'une et l'autre avec du ciment de brique seul ; et celui de chaux hydraulique reprend l'avantage lorsque le ciment est mêlé avec moitié sable. En général, une chaux commune convient mieux aux pouzzolanes très énergiques qu'une chaux hydraulique.

« L'expérience indique, dit M. Vicat, que si l'on range sur une même ligne, par ordre d'énergie, les chaux, il faudra placer les pouzzolanes sur une ligne parallèle et dans un ordre inverse, pour que les termes qui se correspondent sur cette échelle donnent ensemble les meilleurs résultats possibles. Ainsi les chaux hydrauliques de première qualité seraient en présence des sables éminemment quartzeux, les chaux communes très grasses vis-à-vis des pouzzolanes douées d'une grande énergie. »

On voit, par ce qui précède, que les chaux de toutes les espèces peuvent former des mortiers d'une force à peu près égale, si l'on parvient à les mêler convenablement avec la qualité de sable ou de pouzzolane qui leur convient le mieux ; mais ces mortiers ne résisteront point également à l'action de l'humidité. Ceux à chaux hydraulique sont les seuls que cette cause ne peut altérer ; aussi faut-il les réserver exclusivement pour les surfaces que l'eau ou les vapeurs humides peuvent mouiller : mais les mortiers à chaux grasse peuvent être employés utilement, même dans les constructions hydrauliques ; car, comme le remarque judicieusement M. Vicat, dans ces sortes d'ouvrages, il faut distinguer les parties que l'eau touche sans cesse de celles qui, enveloppées de toutes parts, ne peuvent être en communication médiate avec ce fluide, à raison de l'imperméabilité de l'enveloppe : ainsi pour celles-ci, en bien des cas, on pourra se servir avec économie et avantage de mortiers à chaux commune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ne faut cependant jamais oublier qu'avec le sable ordinaire seul les chaux communes font à peine prise dans l'eau, encore faut-il pour cela qu'elles aient été éteintes à l'air, sans quoi le mortier resterait toujours mou; tandis que les chaux hydrauliques, naturelles ou factices, ont les facultés, 1° de durcir seules dans l'eau; 2° de former avec le sable pur d'excellent mortier et même préférable aux pouzzolanes quand elles ont beaucoup d'énergie. 3° Ces facultés permettent de tenir les mortiers un peu gras, sans crainte pour leur solidification future: on peut conséquemment les étendre, les *massiver* (battre) et les remanier après les avoir immergés; ce qu'on ne saurait attendre des mortiers à chaux communes.

Des mortiers et des bétons.

Le béton n'est autre chose qu'un mortier auquel on ajoute des recoupes de pierres, des débris de tuileaux ou des cailloux, au fur et à mesure que l'on forme le mélange. Lorsque le béton est bien fait, il acquiert beaucoup de ténacité et de dureté; il a la propriété de se durcir promptement et d'être impénétrable à l'eau.

A Alexandrie, en Piémont, on fabrique avec du béton des pierres factices qui suppléent aux pierres de taille; on les nomme prismes, parce que, étant destinées spécialement à la construction des angles de muraille, on leur donne la forme d'un prisme triangulaire de 4 pieds de longueur sur 2 environ de côté. On emploie à cet effet une excellente chaux hydraulique que l'on éteint par fusion; quand elle a de 5 à 6 jours de coulée, on la place au centre d'un bassin de sable à grains inégaux, depuis la grosseur du sable ordinaire jusqu'à celle du fort gravier; ce sable est éminemment quartzeux et contient quelques débris calcaires: on corroie ensuite le mélange avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup de soin. Après cela on prépare une fosse triangulaire, dont on lisse les parois à la truelle avec de l'eau; c'est dans cette fosse que l'on forme les prismes, en y déposant le mortier, dans lequel on distribue régulièrement des cailloux d'égale grosseur. Quand les prismes sont achevés, on les recouvre d'un pied de terre; ils restent enfouis pendant trois ans, puis on les retire pour en faire usage.

Les pierres factices proposées par M. Fleuret (*a*) ne sont autre chose que du béton confectionné avec soin. On peut former des briques blanches en massivant du mortier dans un moule saupoudré de sable; il paraîtrait, d'après le témoignage de Vitruve, que les anciens ont fait quelquefois usage de ces briques blanches. Cet auteur parle, liv. 7, chap. 2, d'ouvrages légers que les Romains nommaient *Albaria*. Pline en fait également mention (lib. 36, cap. 23).

La bonté des mortiers et des bétons dépend de plusieurs causes dont voici les principales : 1° des proportions du mélange des substances qui concourent à leur formation; 2° de la manipulation; 3° de la massivation; 4° de la dessiccation plus ou moins lente; 5° de l'influence du temps.

Quant aux proportions du mélange, les différences nombreuses qui distinguent les diverses qualités de chaux, de sables, de pouzzolanes, empêchent de pouvoir assigner des méthodes certaines et invariables; il n'y a que l'expérience qui puisse servir de guide à ce sujet, et on ne doit point manque d'y avoir recours avant de commencer de grands travaux.

Les soins apportés à la manipulation des mortiers contribuent singulièrement à leur amélioration; il faut qu'ils soient

(*a*) Traité sur l'Art de composer les pierres factices.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longuement et fortement corroyés, pour que les molécules de chaux soient bien divisées et bien amalgamées avec le sable, et pour faciliter l'union intime de ces matières.

« Je me suis assuré, dit M. Rondelet, par plusieurs essais, que plus le mortier est broyé, plus il acquiert de consistance, et plus il durcit promptement. Avec de la chaux ordinaire de Paris et du sable moyennement gros, je suis parvenu à faire des briques en mortier qui, au bout de dix-huit mois, avaient acquis presque autant de dureté et de consistance que le mortier des Romains. »

On ne doit employer que la quantité d'eau purement nécessaire; car l'expérience fait voir qu'en corroyant fortement le mortier avec un rabot ou broyon de fer, il devient aussi mou qu'on peut le désirer; cette opération le rend souple et contribue à sa bonté. Lorsqu'une portion de mortier a perdu sa souplesse, parce qu'il n'a pas été employé assez promptement, on ne doit pas la lui rendre en ajoutant de l'eau, mais en l'incorporant partie par partie avec du nouveau.

Les expériences de M. Vicat font connaître la grande influence qu'a le mode de dessiccation des mortiers et des bétons sur leur bonté; il résulte que les mortiers à chaux hydrauliques peuvent perdre, par la dessiccation rapide, les huit dixièmes de la force qu'ils auraient acquise par une dessiccation lente.

La dessiccation rapide est contraire aux chaux communes aussi bien qu'aux chaux hydrauliques; pour s'en convaincre, il ne faut qu'examiner l'état pulvérulent du mortier qui sert de lit aux assises de briques ou de moellons dans la plupart des murailles construites pendant les grandes chaleurs de l'été, et dont les matériaux n'ont point été mouillés avant l'emploi.

Vitruve blâme la maçonnerie en moellons tendres et poreux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsqu'on n'y a pas employé une abondante quantité de mortier, parce que ces pierres arides absorbent avec trop de promptitude l'humidité du mortier avant qu'il puisse acquérir toute sa consistance; la chaux et le sable perdent leur mutuelle adhésion, et le mortier n'a plus la ténacité convenable pour conglutiner toutes les parties qui forment la masse de la maçonnerie.

On peut, ajoute ce grand architecte, remarquer cet effet dans quelques monumens des environs de Rome, dont les murailles ont les paremens en marbre ou en pierre de taille, et l'intérieur en blocaille. Cette pierraille, avant absorbé l'humidité du peu de mortier que l'on avait employé, lui a fait perdre sa force de cohésion, et ne forme plus qu'un amas incohérent qui repousse en dehors les paremens et en désunit les joints.

La dessiccation du mortier peut être retardée de plusieurs jours, de plusieurs mois et même de plusieurs années, en le couvrant ou en l'enveloppant de terre ou de sable, dont les pluies ou l'arrosage entretiennent la fraîcheur. On peut accélérer cette dessiccation par une chaleur artificielle, ou par le contact de matériaux spongieux et absorbans.

Pour que les mortiers et les bétons fassent prise promptement sous l'eau, il faut qu'ils soient gâchés fermes autant que possible, sans cesser cependant d'être ductiles. Une pâte trop molle prend lentement et reste toujours faible; une pâte trop dure s'abreuve, se divise et s'étend.

Les expériences de M. Vicat ont démontré ce qui suit :

1° L'excès de chaux dans le béton en retarde la prise; les proportions les plus favorables à cette prise sont aussi celles qui donnent la plus grande dureté.

2° Les pouzzolanes énergiques, combinées avec les chaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

communes, font corps plus vite qu'avec les chaux hydrauliques, et celles-ci reprennent l'avantage avec les pouzzolanes médiocres.

3° L'extinction de la chaux par immersion et l'extinction spontanée paraissent généralement plus propres à accélérer la prise que le procédé de fusion.

M. Rondelet, à qui l'on doit un grand nombre d'expériences très utiles sur les [illegible] plus intéressans de l'art du constructeur, n'a pas négligé de diriger ses recherches sur la force des mortiers. Il a fait, avec de la chaux de Marly, qui est une chaux grasse de moyenne qualité, des mortiers de diverses espèces, dont il fit faire des parallélépipèdes à base carrée, de 4 pouces de superficie ; ces parallélépipèdes, ainsi que plusieurs autres de mortiers antiques et de plâtre, furent soumis à l'action de la machine à écraser les pierres.

Un des résultats les plus importans que l'on déduit de ces expériences, est que la massivation, c'est-à-dire l'action de battre les mortiers, augmente leur densité et leur force de plus d'un quart. Vitruve et les monumens antiques font connaître que les Romains firent un grand usage de ce procédé utile.

Le temps fait acquérir aux mortiers une plus forte consistance. M. Rondelet ayant éprouvé, au bout de 15 ans, des morceaux de mortier de même espèce que ceux de ses premières expériences, a retrouvé les augmentations de force suivantes :

Mortier de chaux et sable de rivière. . . . . $\frac{1}{8}$.
de chaux et ciment pur. . . . . $\frac{1}{4}$.
de chaux, ciment et sable. . . . . $\frac{1}{9}$.
de chaux et poudre de grès. . . . . $\frac{1}{24}$.
de chaux et poudre de pierre de Conflans. . $\frac{2}{3}$.
de chaux et pouzzolane de Naples. . . . . $\frac{1}{12}$.
de chaux et pouzzolane de Rome. . . . . $\frac{1}{8}$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il paraît que le mortier de ciment pur avec l'espèce de chaux dont s'est servi M. Rondelet est celui qui a le plus de force ; car, au bout de 15 ans, il a fallu un poids de 4,948 livres pour écraser un cube de 4 pouces superficiels de base, tandis que 3,100 livres suffisaient pour écraser un cube éprouvé par M. Rondelet de pouzzolane. Ainsi le mortier de ciment [illegible] une force égale à celle des meilleurs mortiers antiques. Ce résultat est d'ac[illegible] avec ceux des expériences de M. Vicat, qui établissent que, pour les chaux communes grasses, l'argile ferrugineuse obtient la supériorité sur toutes les pouzzolanes naturelles et artificielles.

La connaissance de la force d'adhérence des mortiers aux pierres et aux briques n'étant pas moins intéressante que celle de la résistance qu'ils peuvent opposer aux pressions, M. Rondelet a scellé ensemble, deux à deux, des cubes de pierre de 2 pouces en tous sens ; et, six mois après, il a examiné l'effort qu'il fallait pour les désunir. Il a reconnu que la force d'union dépend de la qualité du mortier ou du plâtre, de celle des pierres et de l'aspérité plus ou moins grande de leurs surfaces. « Le plâtre ou le mortier s'attache plus fortement à certaines pierres qu'à d'autres, à une surface raboteuse qu'à une surface unie ; mais, en prenant un résultat moyen, on trouve que cette force peut être évaluée, pour le mortier, à 105 livres pour 4 pouces de superficie, et 26 pour 1 pouce ; et pour le plâtre, à 148 livres pour 4 pouces, et 37 pour 1 pouce. »

Il faut observer que la force d'union augmente avec le temps pour le mortier, tandis qu'elle diminue pour le plâtre, surtout lorsqu'il est exposé aux injures de l'air ou à l'humidité.

La force qu'il faut pour rompre un parallélépipède de mortier, au bout de six mois, en le tirant par les deux bouts,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est bien moindre que celle nécessaire pour l'écraser. Le rapport moyen entre ces deux forces est de 1 à 8.

« Quant à la force, dit M. Rondelet, avec laquelle le mortier qui a acquis toute sa dureté unit les pierres, le plus grand nombre des expériences que j'ai faites à ce sujet donnent cette force plus grande que celle qu'il faut pour rompre le mortier en le tirant par les deux bouts, c'est-à-dire que son adhérence est plus forte que sa cohésion. Par rapport au plâtre, cette force est moindre. Le mortier se rompt dans le milieu de son épaisseur plutôt que de se séparer, et le plâtre se désunit des surfaces.

» Dans les constructions nouvellement faites, le plâtre adhère aux pierres et aux briques avec une force égale à la moitié de celle qu'il faut pour le rompre en le tirant par les deux bouts, et, dans les constructions en mortier, avec une force égale au tiers.

» De sorte que, jusqu'à sept ou huit ans, la liaison du plâtre est plus forte que celle du mortier; mais, après dix ou douze ans, celle du mortier est plus grande. On peut établir, en général, que, par rapport au mortier, la force avec laquelle il unit les pierres, lorsqu'il a acquis toute sa dureté, est au moins égale à celle qu'il faudrait pour le rompre en le tirant par les deux bouts, ou la huitième partie de celle qu'il faudrait pour l'écraser. L'adhérence du plâtre n'est que les deux tiers de la force qu'il faudrait pour le rompre en le tirant par les deux bouts, et la quatorzième partie de la force qu'il faudrait pour l'écraser.

» La force d'adhérence moyenne, pour le mortier qui a acquis toute sa dureté, peut être évaluée à 75 livres par pouce superficiel, et à 60 pour le plâtre. »

La pesanteur spécifique moyenne des mortiers est d'environ 105 livres le pied cube. La force de ceux de parfaite qualité,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et qui ont acquis toute leur consistance, surpasse celle de la pierre de Saint-Leu, est à peu près égale à celle de la lambourde de Saint-Maur, et n'est que la cinquième partie environ de celle du marbre statuaire.

Du plâtre.

Il est quelques substances qui, étant calcinées et ensuite réduites en poudre, ont la propriété de former à elles seules un mortier qui durcit promptement, et qui, comme les mortiers mélangés, adhère fortement à la surface des pierres naturelles et factices : telle est une pierre silicéo-calcaire que l'on trouve en Angleterre, aux environs des mines de cuivre, et que l'on a retrouvée à Boulogne-sur-mer, auprès du rivage. La pierre dont nous parlons est assez rare; mais il n'en est pas ainsi du plâtre, qui a la même propriété, et que l'on trouve abondamment dans un grand nombre d'endroits, et surtout à Paris.

Le plâtre ou *gypse* est un sulfate de chaux qui ordinairement se trouve mélangé avec une quantité plus ou moins grande de carbonate calcaire.

La calcination du plâtre se fait avec bien plus de promptitude et avec une chaleur moins intense que celle de la chaux. Le feu doit d'abord être modéré, puis on l'augmente.

On connaît que le plâtre a le degré de cuisson convenable lorsque l'ouvrier qui le gâche sent qu'il est onctueux et qu'il s'attache aux doigts. Le plâtre veut être mis en œuvre le plus promptement possible après sa calcination ; car il est reconnu que l'action de l'air le détériore et lui fait perdre ses qualités. Voilà pourquoi, lorsque le plâtre doit être employé loin de sa carrière, on le transporte dans l'état de pierre, et on le calcine sur les lieux, immédiatement avant d'en faire usage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On pulvérise le plâtre à bras d'homme avec des battes, ou mieux à l'aide d'une meule verticale qu'un moteur quelconque fait tourner.

Gâcher le plâtre se dit de l'opération qui le réduit en pâte plus ou moins molle; la quantité moyenne d'eau que l'on emploie à cet usage est à peu près égale à son volume.

Le plâtre gâché n'ayant pas de causticité, on peut se dispenser d'employer la truelle pour le mettre en œuvre, et le manier avec les mains sans danger.

Le plâtre bien cuit et bien gâché avec de l'eau pure a la force moyenne du mortier, et ce même plâtre gâché avec du lait de chaux acquiert une plus grande force.

Le plâtre gâché a des qualités qui sont en opposition avec celles des mortiers à chaux: 1° ceux-ci diminuent de volume en durcissant, tandis que le plâtre se gonfle en se solidifiant; 2° le plâtre prend sur-le-champ une forte consistance, et il a d'abord plus d'adhérence aux briques et aux pierres que les mortiers; mais cette adhérence diminue avec le temps, et celle de ces derniers augmente progressivement. Le plâtre doit être exclus des lieux humides; car il y perd sa cohésion, il s'exfolie et tombe en poussière.

Quand on emploie le plâtre en guise de mortier, comme on le fait à Paris, il ne faut jamais perdre de vue les effets que peut produire son gonflement, qui, dans quelques circonstances, deviennent ruineux lorsqu'on ne sait les empêcher. En général, il tend à faire gauchir les murs qui ne sont point retenus latéralement par d'autres constructions, comme on peut le remarquer dans la plupart des maisons de Paris, dont le peu de durée doit être attribué en grande partie à l'emploi du plâtre.

Il faut avoir l'attention de ne gâcher le plâtre qu'au fur et à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mesure que l'on en a besoin, sans quoi il sécherait et ne pourrait plus servir.

Le plâtre ne doit jamais être employé dans les fondations des édifices, ni pour former la liaison des murs en pierre de taille. Il adhère très bien au fer, mais nullement au bois, à moins que celui-ci n'ait été lardé de clous.

On confectionne à Paris des carreaux de plâtre pour former des cloisons dans les bâtimens qu'on veut habiter de suite. Ces carreaux ne sont mis en œuvre que lorsqu'ils sont bien secs, afin d'éviter les effets dangereux qui résultent de l'évaporation de l'humidité que contiennent les plâtres frais. Ces carreaux ont 1 pied et demi de long, 1 pied de large et 2 pouces et demi d'épaisseur. On les pose de champ; les joints, formant l'épaisseur, sont creusés dans le milieu pour recevoir le plâtre frais qui sert à les poser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

Du bois.

En parlant du bois, nous ne dirons que ce qui est immédiatement utile aux constructeurs; ainsi nous laisserons de côté tous les détails qui se rapportent à la Botanique et à la Physiologie végétale, pour nous limiter à l'examen des qualités du bois relatives à son usage dans l'art de bâtir, et des préparations qu'il doit subir pour être avantageusement employé.

Le bois, comme tous les autres matériaux, est sujet à des défauts qui diminuent plus ou moins son aptitude à faire de bonnes constructions. Nous avons vu (page 34) que la plupart des pierres calcaires sortent de leur carrière couvertes d'une couche tendre et friable qu'on doit ôter soigneusement, parce qu'elle tend à les détériorer, et elle les surcharge sans en augmenter la force; de même un tronc d'arbre quelconque est environné d'une enveloppe de bois imparfait, placée immédiatement sous l'écorce, et que l'on nomme *aubier*. Cette partie est tendre, s'échauffe, se décompose aisément, et sert de domicile aux vers qui attaquent le bois : voilà pourquoi on doit l'enlever des pièces que l'on veut employer dans les constructions durables, auxquelles il ne pourrait être que nuisible.

Les principaux défauts auxquels une pièce de bois peut être assujettie sont les suivans :

1°. La *roulure :* ce sont des fentes concentriques qui font qu'une couronne de bois peut, par un faible effort, être détachée du noyau de l'arbre qui est sain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2°. Le bois est *cadranné*, *étoilé* ou *gélif*, lorsqu'on aperçoit, dans la coupe transversale du tronc, des fentes en forme de rayons, qui s'étendent du centre à la circonférence. Ce défaut est ordinairement produit par de fortes gelées.

3°. Le bois *tranché* est celui dont les fibres sont dérangées et altérées par l'insertion irrégulière des nœuds qui les désunissent.

4°. Le bois est *noueux*, quand il provient d'un arbre qui avait un grand nombre de branches insérées sur le tronc.

5°. Le bois *rebours* est celui dans lequel on remarque que les fibres n'ont point la disposition qui leur est naturelle et qu'elles se croisent sans ordre et d'une manière irrégulière.

6°. Le bois *mouliné* est celui piqué par les vers.

7°. Le bois *carié* est celui qui se décompose et pourrit. La pourriture commence à se manifester par des taches blanchâtres que l'on nomme *blancs de chapon*.

8°. Le bois *sur le retour* est celui où l'on remarque que les fibres s'altèrent et se désunissent vers le centre.

Quelques-uns de ces défauts sont capitaux, et obligent de rejeter de toute espèce de construction les pièces de bois qui en sont atteintes : tels sont les bois *cadrannés* ou *étoilés*, *roulés*, *moulinés*, *cariés*.

Les autres défauts rendent les pièces de bois inhabiles à servir à quelques sortes d'ouvrages, sans les empêcher d'être utilement employées dans d'autres constructions. Ainsi une pièce de bois *noueux* n'est pas propre à la charpente intérieure ni à la menuiserie, parce qu'elle est trop difficile à travailler, et oppose à l'outil qui la taille des résistances inégales; mais cette même pièce sera très utile dans les fondations, dans les constructions hydrauliques et dans les ouvrages où la main-d'œuvre des pièces n'exige qu'un simple équarrissage. Le bois *tranché* se trouve dans le même cas, ainsi que le bois *rebours*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bois *sur le retour* ne doit point être employé dans les ouvrages qui exigent de la vigueur; mais, quand il est débité, il peut servir dans quelques constructions moins importantes.

On appelle *gras* un bois léger dont les fibres sont molles et faibles, qui n'est point susceptible de recevoir de courbure, et qui éclate et se brise au moment où l'excès du fardeau qu'il supporte commence à le faire plier. Les arbres qui végètent dans les lieux humides ou dans le fond des vallées, et exposés au couchant, sont ordinairement de cette nature. Souvent ces arbres, vus extérieurement, présentent l'aspect d'une belle venue.

Les arbres qui viennent dans une terre franche peu humide, qui sont exposés au nord ou au levant, ou situés à mi-côte, sont ordinairement les plus beaux, se conservent long-temps, et ont les fibres pleines, serrées et élastiques.

Si l'on compare les bois aux pierres, comme matériaux de construction, l'on trouve d'un côté qu'ils ont les avantages suivans : 1° ils sont moins pesans et moins fragiles, 2° plus faciles à transporter et à travailler; 3° ils peuvent être mis en œuvre dans des positions horizontales, verticales ou obliques, et peuvent résister aux tractions comme aux pressions.

Leurs désavantages sont, 1° de rendre les constructions sujettes aux incendies; 2° d'éprouver sensiblement les effets de l'humidité et de la sécheresse, du froid et du chaud, qui produisent des variations dans leur forme et dans leur volume, et les rendent sujets à gauchir et à se déverser; 3° à ne donner aux constructions qu'une durée bornée.

Les constructions en bois, exposées aux intempéries des saisons durent rarement plus de vingt-cinq ans; mais celles qui sont, parfaitement abritées, qui ne ressentent point les alternatives nuisibles de l'humidité et de la sécheresse, et qui sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

composées de bois choisi d'excellente qualité, peuvent avoir une longue existence.

La charpente en bois de sapin du comble de la basilique de Saint-Paul, hors des portes de Rome, dure depuis plus de dix siècles; car elle fut construite l'an 816 : cependant elle est encore très bien conservée. Pline rapporte que les poutres du temple d'Apollon, à Utique, qui étaient en cèdre de Numidie, existaient depuis 1178 ans. Les anciennes portes de la première basilique de Saint-Pierre, à Rome, étaient en bois de cyprès; elles avaient 550 ans et étaient encore en bon état lorsqu'Eugène IV les fit remplacer par des portes en bronze. Nous voyons, dans les musées, des caisses de momies d'Égypte en sycomore, dont le bois est encore très sain, quoiqu'elles aient plus de 30 siècles.

Les précautions que l'on prend avant et après la coupe des bois ont une influence marquée sur leur durée et sur leur force.

Vitruve (liv. II, chap. IX) prescrit que la coupe des bois soit effectuée depuis les premiers jours d'automne jusque vers la moitié de février. Il veut, en outre, qu'avant la coupe on forme des entailles profondes au pied des arbres, pour faire écouler la sève qu'ils contiennent et pour empêcher qu'elle ne corrompe le bois en fermentant.

Les expériences de Duhamel semblent infirmer le premier précepte de Vitruve. Il a reconnu d'abord que le bois a, en été, une pesanteur d'environ un sixième moindre que pendant l'hiver, résultat qu'il attribue à une moindre quantité d'humidité; et il a observé que des bois abattus en juin et en juillet avaient une force et une durée relatives très satisfaisantes.

Quant au second précepte, les expériences de Duhamel et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Buffon confirment son utilité ; mais ils ont reconnu qu'il était plus convenable d'écorcer les arbres destinés à être coupés que de les entailler circulairement au pied, comme l'indique Vitruve : car la seconde méthode prolonge la végétation de l'arbre pendant près d'une année, n'interrompt pas en totalité le cours de la sève et lui permet de continuer à circuler au moyen de l'aubier qu'elle durcit singulièrement. En Allemagne et en Angleterre, on a adopté l'usage d'écorcer, au printemps, les arbres qui doivent être abattus l'hiver suivant.

On déduit des expériences de Buffon sur des chênes écorcés, ou non écorcés, avant la coupe, les résultats suivans :

1°. La pesanteur absolue du chêne écorcé excède d'environ $\frac{6}{100}$ celle du non écorcé.

2°. La résistance du chêne écorcé est à celle du chêne non écorcé dans le rapport de 81 à 74.

3°. L'aubier de l'arbre écorcé est un peu moins pesant que celui du non écorcé.

4°. La force de résistance entre ces aubiers est dans le rapport de 28 à 25.

On lit, dans l'ouvrage de M. Rondelet, ce qui suit : « J'ai vu un riche propriétaire qui faisait abattre les bois destinés pour la charpente, à l'ordinaire; et après les avoir fait équarrir encore frais, il les plaçait debout sous des hangars disposés de manière à les entretenir isolés les uns des autres par le moyen de fortes traverses contre lesquelles ils étaient appuyés. Par cette disposition verticale, les sucs, dont les bois fraîchement abattus étaient pénétrés, s'écoulaient naturellement sans occasionner aucune fente ni gerçure, et, au bout d'une année, ils avaient acquis le degré de sécheresse convenable pour être employés à la charpente. Après avoir fait un choix de ceux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

propres à la menuiserie, on les faisait débiter et arranger de même pour être vendus ou employés l'année suivante. »

On doit toujours éviter de laisser long-temps les bois en *grume*, c'est-à-dire revêtus de l'écorce, et il faut les équarrir immédiatement après l'abattage, et cela pour favoriser l'évaporation de la sève, qui tend à corrompre le bois.

Les pièces de bois peuvent, en général, supporter des fardeaux de trois manières différentes : 1° étant placées horizontalement, alors leur résistance s'appelle horizontale; 2° étant placées verticalement et les chargeant dans cette situation, leur résistance se nomme verticale; 3° étant suspendues verticalement et chargées dans la partie inférieure, dans ce cas on donne à la résistance le nom d'adhérence des fibres.

Mariotte, *Parent*, *Varington*, les deux *Duhamel*, *Buffon*, *Lamblardie*, *Coulomb*, *Girard*, *Rondelet*, *Aubri*, *Lamandé*, *Dupin*, *Navier*, ont fait des expériences pour déterminer les résistances des bois. Voici les principaux résultats qu'on déduit de ces diverses expériences.

Résistance horizontale des bois.

La résistance horizontale est en raison inverse des distances des points d'appui, et en raison directe de la largeur et du carré de l'épaisseur verticale, si c'est un parallélépipède, ou bien du cube du diamètre, si c'est un cylindre.

Les prismes engagés solidement par leurs bouts sont capables de supporter, avant de se rompre, un poids double de celui qu'ils soutiendraient s'ils étaient seulement appuyés à leurs extrémités.

La force du bois est proportionnelle à sa pesanteur. Buffon a donné des tables de la force des bois de chêne, déduites d'un grand nombre d'expériences faites sur des pièces de forte di-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mension. Rondelet, ayant comparé les résultats contenus dans ces tables, a reconnu qu'ils pouvaient être représentés par la formule

$$\frac{59,59 \times e^2}{b} - \frac{e^2}{3};$$

e étant l'épaisseur verticale de la pièce de bois réduite en lignes; b, le rapport de la longueur à l'épaisseur verticale.

Supposons que la pièce de bois dont on veut connaître la résistance, soit une solive de 5 pouces en carré sur 18 pieds de longueur entre les appuis; nous aurons, en substituant dans la formule précédente les valeurs de e et de b,

$$\frac{59,59 \times 3600}{\frac{2160}{5}} - \frac{3600}{3} = 3765\frac{5}{6}.$$

Le résultat équivalent des expériences de Buffon donne 3,815.

Rondelet a donné une table comparative des résultats obtenus par les expériences de Buffon et des valeurs correspondantes données par la formule; cette table prouve que l'on peut avec confiance se servir en pratique de cette formule. Rondelet a calculé, en outre, une table très étendue, dans laquelle il indique la charge qui peut rompre une pièce depuis 3 pouces d'équarrissage jusqu'à 30, et depuis 1 pied et demi de longueur jusqu'à 45 pieds.

Suivant Perronet, les rapports moyens des résistances horizontales des bois sont :

Chêne	126
Saule	107
Sapin	115
Peuplier . . .	74

Il faut observer que les résistances d'une même espèce de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois éprouvent de notables variations dépendantes de plusieurs causes, dont les principales sont la nature du sol, l'âge de la plante, le degré d'humidité ou de dessiccation de la pièce de bois, etc. Duhamel a reconnu que cette différence va quelquefois de 50 à 80.

Robertson-Buchanan a déterminé par l'expérience que la résistance moyenne horizontale du chêne à la rupture est un quart de celle de la fonte à égalité de circonstances, et que celle du sapin n'est que $\frac{1}{33}$.

Résistance verticale.

D'après les expériences de Rondelet, il résulte :

1°. Qu'un poteau de chêne qui a, en hauteur, plus de 7 ou 8 fois la largeur de sa base, plie sous la charge avant de s'écraser ou de se refouler ; et une pièce de bois dont la hauteur aurait 100 fois le diamètre de sa base, n'est plus capable de porter le moindre fardeau sans plier.

2°. Quand une pièce de chêne est trop courte pour pouvoir plier, la force qu'il faut pour l'écraser, ou la faire refouler, est de 40 à 48 livres par ligne superficielle de sa base ; et cette force, pour le bois de sapin, va de 48 à 56.

3°. Des cubes de chacun de ces bois, mis en expérience, ont diminué de hauteur en se refoulant sans se désunir ; ceux en bois de chêne de plus d'un tiers, et ceux en sapin de moitié.

4°. La force moyenne du bois de chêne, qui est de 44 livres par ligne superficielle pour un cube, se réduit à 2 livres pour une pièce de même bois, dont la hauteur est égale à 72 fois la largeur de la base.

De nombreuses expériences ont donné la progression suivante :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour un cube dont la hauteur est 1, la force est 1
Pour une pièce *id*. . . . . 12. . . . . $\frac{5}{24}$
Pour . . . . . *id*. . . . . 24. . . . . $\frac{1}{5}$
Pour . . . . . *id*. . . . . 36. . . . . $\frac{1}{8}$
Pour . . . . . *id*. . . . . 48. . . . . $\frac{1}{12}$
Pour . . . . . *id*. . . . . 60. . . . . $\frac{1}{15}$
Pour . . . . . *id*. . . . . 72. . . . . $\frac{1}{22}$.

Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par Perronet, Lamblardie et Girard.

M. Girard a fait un grand nombre de belles expériences, dont le but principal était de déterminer l'élasticité absolue des bois, c'est-à-dire la résistance qu'ils sont capables d'opposer à la flexion lorsqu'ils sont chargés verticalement.

Ce savant a reconnu : 1° que l'élasticité est comme la résistance, en raison directe des largeurs, double des hauteurs et inverse des longueurs. Dans les bois posés debout, il appelle hauteur la plus grande largeur du bois.

2°. L'élasticité absolue d'un morceau de bois de chêne d'un mètre cube est de 11,784,451 kilogrammes; celle d'un cube de sapin, 8,161,128 : ainsi les rapports sont comme 63 à 47.

3°. L'élasticité absolue peut être prise du moment où la pièce se courbe, ou d'une flèche de courbure donnée. Si l'on appelle b la flèche de courbure, P la moitié de la charge, f la longueur de la pièce, a sa largeur, h sa hauteur, la formule d'élasticité d'une pièce quelconque de bois en chêne est

$$\frac{Pf^3}{36} = \frac{(11,784,451)(f+0,3)ah^2}{1,3},$$

celle d'un morceau de sapin est

$$\frac{Pf^3}{36} = (8,161,128)ah^2.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si les bois sont ronds au lieu d'être carrés, et que d en soit le diamètre, on substituera (0,787,381) d^3 à la place de ah^2.

D'après Perronet, la résistance comparative des six espèces suivantes de bois chargé debout est :

Chêne	126
Saule.	96
Sapin.	94
Peuplier	74
Frêne.	72
Orme.	70

Adhérence des fibres.

Rondelet a soumis à l'expérience plusieurs pièces de chêne; ces pièces, qui avaient depuis 2 pouces jusqu'à 1 pied de longueur, et depuis 1 ligne en carré jusqu'à 3, étaient tirées perpendiculairement par les deux bouts. Le résultat moyen de ces expériences est que la force du bois de chêne ordinaire est d'environ 102 livres par ligne superficielle de sa grosseur.

Chêne.

Parmi les diverses espèces de bois employées dans les constructions en Europe, le chêne se distingue éminemment par ses excellentes qualités, parmi lesquelles on doit citer premièrement sa longue durée, dont on ne connaît point le terme, s'il est employé sous terre ou dans l'eau. Quand il est en œuvre dans un lieu sec, à couvert des injures de l'air, il peut durer jusqu'à cinq ou six siècles. Les plus beaux chênes fournissent des poutres qui ont jusqu'à 40 pieds de longueur sur 2 pieds ou 2 pieds un quart d'équarrissage; mais l'on se sert rarement d'aussi grandes pièces. Le bois de chêne a beaucoup de dureté, de densité et de force. Le poids d'un pied cube de chêne nou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vellement abattu est de 70 à 74 livres, et ce poids diminue d'un quart ou d'un tiers par l'effet de la dessiccation.

Le chêne a en général le défaut de se fendre et de se tourmenter par l'effet de la sécheresse.

Les botanistes distinguent un grand nombre de variétés dans l'espèce du chêne. Vitruve en cite cinq dont les anciens faisaient usage dans les constructions; il les nomme *robur, quercus, esculus, cerrus, suber.*

Les constructeurs établissent deux principales divisions de chênes : 1° le chêne blanc à gros glands, qui croît ordinairement dans les bons terrains; 2° le chêne à petits glands, qui vient dans les terrains maigres et pierreux.

Le bois du chêne à gros glands est celui que l'on préfère pour la charpente des combles, des planchers et pour tous les ouvrages intérieurs, parce que ce bois, qui est d'un blanc jaunâtre, est liant, ferme, aisé à fendre ; ses fibres sont droites et très élastiques ; il est moins pesant, moins dur, plus facile à travailler que le chêne à petits glands.

Ce dernier, plus dur, mais moins droit, est très difficile à travailler, parce que ses fibres sont souvent torses et presque toujours coupées par des nœuds; il est sujet à se gercer. On l'emploie très utilement aux fondations des édifices et à toutes les constructions extérieures, exposées à l'intempérie des saisons.

On remarque dans le chêne, comme dans les autres espèces de bois, que les pièces tirées de la partie inférieure de l'arbre sont plus fortes et plus pesantes que celles tirées du milieu, et que cette force et cette pesanteur diminuent en s'élevant et sont moindres dans les branches que dans le tronc.

Le bois des arbres qui n'ont pas acquis toute leur croissance décroît de dureté en allant du centre vers la circonférence; le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contraire s'observe dans celui des arbres qui commencent à dépérir.

Il faut éviter soigneusement que la dessiccation d'un chêne coupé ne se fasse rapidement. Le bois de chêne trop sec se fend, perd de sa force et devient cassant; celui qui ne l'est pas assez se corrompt promptement. On donne la préférence à celui qui est moyennement sec et qui n'a perdu, par la dessiccation, qu'environ le sixième de son poids.

Bois résineux.

Le bois de chêne, malgré ses bonnes qualités, a le défaut de former des charpentes excessivement lourdes, qui fatiguent et surchargent les murs et les autres supports des édifices. Cet inconvénient grave fait souvent préférer les bois résineux pour former les échafaudages, les planchers et les combles.

Les bois résineux de bonne espèce durent aussi long-temps que le chêne. Duhamel a trouvé, dans les fondations d'une ancienne église, un pilotis de sapin qui avait plusieurs siècles; quoique l'extérieur fût un peu rongé, le milieu était parfaitement sain et avait encore la couleur et l'odeur de résine.

De tous les arbres résineux, le *larix* mérite la préférence. Cet arbre croît abondamment dans les Alpes; il est très grand; la couleur de son bois est rougeâtre. Les anciens le croyaient, faussement, incombustible. Il n'est point sujet aux vers et il dure très long-temps lorsqu'il est employé dans des lieux bien abrités : on en fait un grand usage en Italie, surtout à Milan et à Venise. Sa contexture étant forte et nerveuse, il est capable de soutenir de grands fardeaux, et on peut s'en servir utilement soit à la charpente soit à la menuiserie.

Le mélèse a quelque analogie avec le larix; mais il est moins beau, moins fort, plus blanc et plus résineux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le sapin (*abies*) est un arbre résineux très droit et très élevé; il est plus léger et moins fort que le larix. Son poids est d'environ 38 livres le pied cube. Le bois de sapin, léger, tendre, facile à travailler, a de la roideur, engendre des vers qui le rongent et prend feu très promptement. La marine en fait un grand usage, et on s'en sert pour la charpente et pour la menuiserie.

Le pin est plus pesant et plus durable que le sapin, et n'est point sujet à la *vermoulure*.

Les anciens employèrent souvent le cyprès et le cèdre. Le bois de cyprès a, par sa couleur et par son inaltérabilité, beaucoup d'analogie avec le larix. Les cèdres du mont Liban sont renommés; on en fit usage dans le temple de Jérusalem. Vitruve nous apprend que la statue de Diane, à Éphèse, était en bois de cèdre, ainsi que la charpente de son temple fameux, de même que celle des autres temples plus notables de la Grèce. Les plus beaux cèdres venaient de Crète, d'Afrique et de la Syrie.

Arbres qui croissent dans les lieux humides.

Le peuplier, le saule, le tilleul, fournissent du bois blanc, tendre, sans nœuds, léger, facile à travailler, utile à la menuiserie et quelquefois à la charpente.

L'aune, qui croît le long des rivières, acquiert une très longue durée lorsqu'il est enfoui dans l'eau, ce qui le rend propre à former des pilotis dans les lieux marécageux. On en fait des tuyaux pour conduire les eaux; les maçons en forment des écoperches, et il peut être employé pour des meubles, des ouvrages de menuiserie et de tour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Orme.

Le bois d'orme est ferme, plein, liant, plus utile pour le charronnage et pour la construction des machines que pour la charpente; car il est ordinairement difficile à travailler et sujet à se tourmenter. L'orme tortillard sert à faire les moyeux des roues.

Noyer.

Ce bois, très utile pour les meubles et pour la menuiserie, n'est point employé par les charpentiers, parce qu'il est sujet à plier sous le fardeau; il est d'ailleurs plein, liant, ondulé, moyennement dur, facile à travailler, et offre une teinte agréable.

Châtaignier.

Le bois de châtaignier, fort bon pour la charpente et pour la menuiserie, a beaucoup d'analogie avec celui du chêne. On a cru que plusieurs anciennes charpentes, à Paris et aux environs, étaient en bois de châtaignier; mais Buffon et Daubenton ont reconnu que c'était du bois de chêne à gros glands.

Platane.

Le platane offre un bois dur, fort, compacte, propre à la charpente et à la menuiserie. Sa texture ressemble à celle du bois de l'érable et du hêtre.

Érable.

Ce bois blanc, dont les luthiers, les ébénistes, les tourneurs et les menuisiers font beaucoup d'usage, est sec, léger, sonore, brillant, et n'est point sujet à se tourmenter ni à se fendre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hêtre.

Le bois de hêtre a une contexture compacte et serrée ; il est utile à la marine et à la menuiserie, et sert à former une infinité de petits meubles. Il se fend et se rompt aisément, et est sujet aux vers, dont on peut le garantir en le faisant tremper quelque temps dans l'eau, et l'exposant ensuite à la fumée.

Frêne et Charme.

Ces deux bois, qui sont lians, durs et compactes, sont employés par les charrons et les tourneurs. Le frêne est sujet à la vermoulure.

Olivier.

Cet arbre fournit d'excellens pilotis; il a la propriété de se conserver très long-temps, étant environné de maçonnerie. Les ébénistes et les menuisiers en font usage.

Poirier, Buis, Ébène, Chêne-vert, Cornouillier.

Ces sortes de bois très durs sont réservés pour les tourneurs ou pour les ébénistes.

Préparation du bois pour être mis en œuvre.

Le bois, pour être mis en œuvre, doit être équarri, et réduit à la forme de *poutres*, de *solives*, de *soliveaux ;* ou bien il doit être refendu à la scie en pièces mi-plates plus ou moins épaisses, auxquelles on donne le nom de *madriers* et de *planches*.

L'opération du sciage est une des plus importantes et l'une de celles qu'il importe le plus de savoir évaluer.

Bélidor a remarqué que le bois sec est plus difficile à scier que le bois tendre ou vert. Le rapport de la durée du sciage d'une égale surface de bois de chêne sec et de bois humide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est à peu près comme 4 à 3. La quantité de bois blanc humide que l'on peut scier en même temps que du bois de chêne également humide, est dans le rapport de 14 à 10. Quand le bois blanc est sec, la surface du sciage exécuté en même temps n'est que la moitié environ.

M. Hassenfratz a donné, dans son Traité de l'Art de la Charpenterie, l'évaluation suivante du travail des scieurs de bois :

Trois scieurs de long font ordinairement en une heure, sur du chêne encore vert, un trait de scie de 36 décimètres (11 pieds 1 pouce) de long, sur 3 décimètres (1 pied environ) de large ; la scie est élevée et abaissée à chaque coup de 8 décimètres (2 pieds 5 pouces 6 lignes) environ. L'effort moyen de chaque homme est de 13 kilogrammes. Les scieurs de long travaillent 12 heures par jour et peuvent obtenir dans leur journée 20 planches de 2 mètres (6 pieds 1 pouce 11 lignes) de long, sur 16 centimètres (5 pouces 11 lignes) de large. Lorsque la scie est mise en mouvement par deux hommes, ces deux scieurs font les deux tiers du travail que font les trois scieurs.

M. Navier (*a*) croit que l'évaluation de 13 kilogrammes, pour l'effort moyen que chaque scieur exerce, est beaucoup trop forte.

« Je me suis effectivement assuré (dit M. Navier) que les scies employées par les scieurs de long ne pèsent ordinairement qu'environ 6 kilogrammes $\frac{1}{2}$, et il paraît que l'effort ordinaire de ces ouvriers doit être à peu près égal à cette quantité : car celui qui est placé sur la pièce soulève presque seul la scie, qui alors ne mord pas sur le bois ; elle ne mord qu'en descendant, et c'est en ce moment que l'ouvrier placé

(*a*) Architecture hydraulique de Bélidor, nouvelle édition, tome I, page 509.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessous la pièce exerce, à son tour, un effort qui doit être à peu près égal à celui du premier. »

Les scies mécaniques, mues par des moteurs inanimés, tels que l'eau courante, le vent ou la vapeur, produisent une grande économie sur la confection des planches. Elles sont surtout d'une grande utilité dans des localités où des courans d'eau offrent tout-à-la-fois un moteur vigoureux et un moyen économique de transport, soit pour les pièces de bois qui viennent de la forêt, soit pour les planches débitées.

Si nous comparons la valeur du sciage du bois de chêne encore vert à celle des pierres, en supposant que le prix de la journée des ouvriers soit le même, nous trouverons, par approximation, que cette valeur est, comparativement à celle de la pierre tendre nommée *lambourde* les $\frac{3}{4}$; qu'elle est $\frac{1}{12}$ de celle de la pierre franche; $\frac{1}{19}$ de celle de la pierre de roche; $\frac{1}{178}$ de celle du granite; et $\frac{1}{390}$ de celle du porphyre.

On nomme en général *bois de brin* celui qui n'a point été refendu, mais seulement équarri. Les poutres, les solives et en général toutes les pièces en *bois de brin* sont plus fortes à égalité de circonstances que ces mêmes pièces si elles avaient été refendues par le sciage, dans un tronc plus gros. Cette différence vient de ce que le bois de brin, étant formé de couches circulaires concentriques, oppose plus de résistance que lorsque ces couches ne forment que des portions de cercles qui deviennent plus compressibles d'un côté que de l'autre. D'ailleurs la texture du bois étant moins serrée à l'endroit du sciage, est plus susceptible d'être altérée de ce côté par l'humidité ou par d'autres causes.

Toutes les pièces débitées, quelle que soit leur nature, auront toujours bien plus de force lorqu'elles proviendront des arbres qui ont acquis tout le développement, toute la maturité et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toute la consistance dont ils sont susceptibles, que celles qui dériveront de jeunes arbres.

Il importe essentiellement, pour avoir de bonnes et solides constructions, de ne pas employer le bois avant qu'il n'ait éprouvé une dessiccation parfaite; et il faut éviter soigneusement de rendre cette dessiccation trop rapide, sans cela les pièces seront exposées à se fendre et à se tourmenter. L'humidité et la sécheresse occasionnant des changemens de volume et de forme dans les pièces de bois, on doit avoir égard aux effets que ces changemens peuvent produire sur les systèmes de charpente.

Des expériences faites par M. de La Grande prouvent que non-seulement les bois s'alongent et se raccourcissent par l'action de l'humidité et de la sécheresse, mais qu'ils acquièrent aussi un mouvement autour de leur axe, de droite à gauche et de gauche à droite, analogue à celui que l'on observe dans les cordes à boyaux des hygromètres.

Le goudron, les huiles, les matières grasses, s'opposent jusqu'à un certain point aux actions hygrométriques, et préservent les bois des mauvais effets de l'humidité.

On peut, jusqu'à un certain point, diminuer la combustibilité des bois en couvrant leurs surfaces de plusieurs couches d'une solution d'alun et de sel commun. Le tome IV des Annales de l'industrie, contient un Mémoire intéressant de M. Hemptine sur cette matière.

Les vernis résineux, ceux qui contiennent du soufre et du camphre, défendent le bois plus ou moins contre les atteintes des insectes et contre les mauvais effets de l'humidité.

Quelques constructeurs conseillent de carboniser légèrement la surface des pièces de bois qui doivent être employées dans les fondations. Les anciens avaient adopté l'usage d'ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poser au feu la pointe des pilotis, et croyaient que cette précaution les rendait plus durables.

On peut prolonger la courte durée des constructions en bois exposées aux intempéries de l'air, en renouvelant de temps à autre l'enduit en goudron ou la peinture qui les recouvre.

De la réunion des pièces de bois pour former les divers systèmes de charpente.

Les systèmes de charpente, quelle que soit leur espèce, exigent souvent des pièces dont les dimensions et la force doivent surpasser celles des pièces que l'on a disponibles; dans ce cas il faut nécessairement y suppléer par la réunion intime de plusieurs. Cette réunion peut s'effectuer : 1° en longueur, c'est-à-dire dans le sens de la plus grande dimension ; 2° en épaisseur; 3° en largeur, nous donnerons ce nom à celle des deux dernières dimensions qui surpasse l'autre; 4° dans tous les sens.

La réunion des pièces en longueur peut se faire de deux manières différentes, par des entailles à mi-bois, ou par des joints obliques, plus ou moins alongés; sur la longueur qu'occupe l'union des pièces on introduit un certain nombre de chevilles, de boulons ou de frettes.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, pl. I, indiquent quatre modes d'union à entailles et à mi-bois; les deux dernières s'appellent à queue d'aronde, simple et double.

Les figures 9, 10, 11, 12, représentent quatre sortes d'union à joints obliques. On voit, figure 9, un joint oblique simple; figure 10, un joint à trait de Jupiter; figure 11, un joint à trait de Jupiter double; figure 12, un joint à trait de Jupiter double avec tenon.

On donne ordinairement à l'union de deux pièces, soit à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

joint oblique simple, soit à trait de Jupiter (figures 9 et 10), une longueur égale à quatre fois l'épaisseur des pièces ; et on donne le double de longueur aux joints (figures 11 et 12). Pour que l'union des pièces à trait de Jupiter soit plus intime, on introduit au milieu du joint un morceau de bois dur *b*, qui a la forme d'un coin légèrement affilé. L'union à joints obliques a une plus grande solidité que celle à entailles et à mi-bois, surtout lorsqu'elle a une longueur suffisante, et qu'elle est convenablement reliée, soit avec des chevilles en bois dur, soit avec des boulons à écrous, soit enfin avec des frettes (figure 13) à barre mobile *b* et à écrous.

On réunit plusieurs pièces dans le sens de l'épaisseur (pl. I, fig. 14) en les superposant pleins sur joints, c'est-à-dire en faisant correspondre à chaque joint le milieu de la pièce adossée. C'est ainsi que l'on compose les cintres de grande dimension en planches ou en madriers, dont on forme deux ou trois rangées adossées en liaison et fixées par des chevilles ou par des boulons. Ces cintres peuvent être employés ou pour construire des voûtes ou pour former le comble d'un édifice.

La réunion des pièces de bois, équarries dans le sens de la hauteur, se fait aussi pleins sur joints ; mais comme ces pièces composées sont ordinairement destinées à supporter de grandes charges, on cherche à augmenter l'adhérence et l'union intimes des parties en taillant (pl. I, fig. 15) en forme de crémaillère les surfaces des joints en longueur ; et on taille à trait de Jupiter les autres joints. Les cintres qui forment les arches de ponts en bois, qui ont une grande ouverture, se construisent d'après la méthode que nous venons d'indiquer.

On peut former de longues et de grosses pièces, composées de plusieurs autres placées bout à bout en longueur et adossées dans les deux sens de l'épaisseur et de la largeur, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le font les constructeurs romains, lorsqu'ils veulent former, avec des bois de peu de valeur, des étaies d'une grande force, ou bien les colonnes d'un échafaudage très élevé et très fort. Ces étaies ou ces colonnes (pl .I, fig. 16) sont construites ainsi qu'il suit :

1°. On forme un faisceau de 9, 12 ou 16 perches que l'on relie entre elles sur les quatre faces par des taquets *a*, *a*, *a*, cloués à la distance d'un pied environ l'un de l'autre.

2°. Les perches doivent avoir toutes des longueurs inégales, pour qu'elles puissent faire liaison avec d'autres que l'on superposera bout à bout pour alonger le faisceau autant qu'il sera nécessaire. En se servant de cette méthode aussi facile qu'économique, on a pu étayer une portion du Colisée qui menaçait ruine, et qui produit sur les étaies une charge énorme.

Les pièces diverses qui composent un système de charpente ont besoin d'être fixées et réunies entre elles par d'autres pièces qui puissent leur interdire tout mouvement de flexion ou d'écartement. On nomme *étrésillons* les pièces de bois *a*, *a* (pl. I, fig. 17) que l'on interpose perpendiculairement entre deux autres pièces *bb* pour maintenir leur écartement et empêcher qu'elles ne se rapprochent. On nomme *lierne* une pièce de bois qui porte plusieurs entailles pour brider et relier un certain nombre d'autres pièces. On voit (fig. 18 et 19) les liernes 1, 2, 3, qui fixent les cintres AA.

Si plusieurs pièces de bois *aa* (fig. 20 et 21) sont embrassées par deux liernes *bb*, *cc*, et que des boulons réunissent ces deux liernes, elles prendront alors le nom de *moises :* ainsi une moise est composée de deux liernes qui se font face.

La position diverse des pièces de bois dans un système de charpente leur fait prendre des dénominations qu'il est à propos de définir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit le système fig. 22 ; la pièce horizontale *aa* se nomme *entrait;* la verticale *b*, *poinçon;* les pièces obliques *cc*, qui s'appuient contre le poinçon, s'appellent *arbalétriers*. Dans le système fig. 23, la pièce *a* qui repose sur le terrain ou sur un mur se nomme *sablière* ou *sommier*, parce qu'elle est censée porter la charge de tout le système; les pièces obliques *bb*, qui arc-boutent le poteau vertical *c* dans le bas, se nomment *étais* ou *jambes de force;* et celles *dd*, qui contre-butent le même poteau vers le sommet et qui soutiennent la poutre *dd*, se nomment *contre-fiches*. Les pièces obliques *uu* (fig. 24) prennent le nom de *liens* et quelquefois d'*esselliers*.

L'assemblage de ces diverses pièces entre elles se fait ou à mi-bois, ou à tenon et mortaise. Les figures 9, 10, pl. II, indiquent des liaisons à mi-bois. Les figures 1, 2, 3, représentent des tenons de pièces qui doivent être réunies ou à angle droit, ou à angle oblique; la forme du tenon fig. 1 donne plus de force aux unions de deux pièces horizontales assemblées à angle droit.

Les constructeurs admettent pour principe général dans toutes les constructions en bois, ainsi que dans celles en pierre de taille, que les joints, ou coupes des pièces composant un assemblage quelconque, doivent toujours être, autant que faire se pourra, perpendiculaires à la surface qu'ils formeront. On ne doit s'écarter de ce principe qui concilie la solidité avec la régularité, à moins d'y être contraint par la nécessité.

Lorsqu'on doit combiner un système quelconque de charpente, on ne doit jamais oublier le principe fondamental suivant : les figures triangulaires présentent la plus grande solidité possible, parce que, dans ces figures, les angles sont invariables tant que les longueurs des côtés ne changent pas; tandis que les angles des figures quadrangulaires et polygones

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent s'ouvrir ou se resserrer sans que la longueur des côtés varie.

Souvent on éprouve le besoin de donner à une pièce de bois couchée une très forte résistance dans le sens vertical. Le plus simple de tous les moyens usités est celui que l'on a déduit des expériences faites par Parent, et qui est basé sur le principe de la grande résistance qu'opposent les fibres du bois à leur refoulement dans le sens longitudinal. Ce moyen consiste (pl. II, fig. 13) à faire un trait de scie dans le milieu du dessus d'une poutre, qui ne dépasse pas le tiers de son épaisseur verticale; on relève ensuite la poutre en dessous pour y introduire un coin en bois dur. Parent a reconnu que les poutres ainsi préparées acquièrent un sixième de résistance en sus de celle qu'elles avaient primitivement. On voit par là que des entailles faites au-dessus des poutres tendent plutôt à les fortifier qu'à les affaiblir, pourvu qu'elles ne soient pas trop profondes et qu'elles soient exactement remplies par des pièces qui les croisent.

On trouve, dans le Journal de Rozier pour l'année 1774, une méthode de Morveau pour renforcer une poutre; elle consiste à y superposer une pièce de bois de plus petite dimension, à la fixer fortement aux deux bouts et à la relever au milieu, au moyen d'une vis qui la traverse et qui s'appuie sur la poutre principale.

Rondelet admet ce même principe confirmé par une expérience; d'où il résulte qu'une pièce courbée, fixée à ses deux bouts, a supporté, en vertu de sa courbure, un poids plus que double sans fléchir; et il propose (pl. II, fig. 14) de fortifier les poutres en les formant de deux pièces, dont la supérieure, courbée, est fixée inébranlablement sur celle au-dessous, laquelle peut avoir la face supérieure taillée en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courbe; ou bien on interpose entre les deux des *fourrures* ou remplissages taillés en courbe.

La manière ordinaire de fortifier une poutre consiste (fig. 15) à y adapter deux arbalétriers, ou bien (fig. 16) deux arbalétriers plus courts qui retiennent une pièce horizontale dans le milieu. Ces arbalétriers s'ajustent avec la poutre par des entailles en forme de crans; et pour que le bois de ces crans ne puisse s'arracher, on les serre avec des liens de fer, et on ne forme la première incision qu'à 1 pied et demi ou 2 pieds des bouts. On place, entre les joints des arbalétriers, des plaques de plomb; et pour faire bander plus fortement cet assemblage, on pose la poutre sur un appui qui corresponde à son milieu, puis on commence à serrer les liens des extrémités, et ensuite ceux du milieu. S'il y a des vides entre la poutre et les arbalétriers, on les remplit avec des morceaux de bois ajustés exprès.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

Des métaux.

Le cuivre étant d'une nature moins réfractaire, d'une fusion plus facile et d'une manipulation moins pénible que le fer, a été employé avant ce dernier; les armes les plus anciennes sont en cuivre. Cependant, comme les entrailles de la terre renferment une bien plus grande quantité de fer que de cuivre, on a fini par donner la préférence au premier pour les ouvrages les plus usuels, d'autant plus qu'il présente plus de dureté et de force. Le cuivre, augmentant de prix au fur et à mesure que son usage devenait moins fréquent, fut réservé, dans les constructions, pour les objets de luxe.

La force et la dureté du fer, jointes à sa flexibilité et à son élasticité, le rendent très utile et quelquefois indispensable; mais un défaut capital contre-balance ses excellentes qualités; c'est la grande facilité avec laquelle il *s'oxide*, c'est-à-dire qu'il se rouille, et se décompose à l'air et à l'humidité. L'oxidation du fer a été la cause de la dégradation et même de la ruine de plusieurs édifices; car souvent elle a eu assez de vigueur pour faire éclater et pour décomposer les pierres. Le plâtre et le soufre favorisent singulièrement l'oxidation du fer; voilà pourquoi il faut éviter autant que l'on peut d'employer ces substances pour sceller les pièces de fer qui entrent dans les constructions.

Muschenbroeck a fait l'observation remarquable qu'un morceau de fer, placé dans un vase rempli d'eau pure et bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bouché, ne contracte pas de rouille. On a remarqué que le mortier s'oppose à l'oxidation du fer qu'il enveloppe entièrement, et que les surfaces du fer qui ont éprouvé l'action de la lime se rouillent moins aisément que celles qui ne sont que forgées.

Il faut, en général, éviter, dans tous les édifices auxquels on veut donner une longue durée, d'employer le fer partout où il ne peut être parfaitement mis à l'abri des atteintes de l'air et de l'humidité.

Le constructeur emploie le fer dans l'état de fonte et dans celui de fer forgé. Le caractère distinctif de la fonte est d'être dure et fragile, de n'obéir ni au marteau, ni à la filière, ni à la lime, ni au burin, et d'avoir une contexture grenue. Le fer forgé, au contraire, est flexible, malléable, ductile, et sa contexture est fibreuse.

On distingue dans les arts quatre espèces de fontes :

1°. La *fonte blanche*. Elle contient peu de carbone, elle a beaucoup de dureté et de fragilité : sa cassure est d'un blanc argenté ; elle a plus d'aptitude que les autres espèces à devenir fer forgé.

2°. La *fonte grise*. Elle a une plus grande dose de carbone ; sa cassure présente une teinte plombée : elle est moins dure et moins fragile, et n'est point dépourvue d'un certain degré de ténacité et de ductilité ; mais elle est moins propre à l'affinage que la fonte blanche.

3°. La *fonte mêlée*, ayant des qualités intermédiaires entre les deux autres, est ordinairement préférée dans les constructions ; elle est propre à être convertie en fer forgé.

4°. La *fonte noire*, contenant une forte dose de carbone, présente une cassure noirâtre et d'un grain fin ; elle est douce, mais dépourvue de force.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On distingue le fer forgé en trois espèces :

1°. Le *fer doux* a une grande ténacité, qui le rend préférable aux autres espèces, et il est ductile à chaud et à froid. Sa cassure a une teinte plombée et présente (en fort échantillon) peu de nerf et beaucoup de grain ; cassé en petit échantillon, il paraît au contraire tout nerf.

2°. Le *fer cassant à froid* n'est ductile qu'à chaud ; il a plus de dureté, mais moins de ténacité que le fer doux ; il se soude aisément ; la cassure est d'un blanc argentin, à petites facettes, et ne montre point de filets nerveux.

3°. Le *fer cassant à chaud*, que l'on nomme aussi *fer cuivreux* et *fer rouvrain*, a le défaut de ne pouvoir être soudé ; il a d'ailleurs beaucoup d'analogie avec le fer doux.

Le fer peut être défectueux soit par la qualité de la mine, ainsi que le sont les deux dernières espèces que nous venons de citer, soit par sa fabrication ; parmi les défauts qu'elle produit, on distingue :

La *doublure*. C'est le manque de prise, ou une lacune dans une soudure d'un fer qui a été mal corroyé.

Les *cendrures*. Ce sont des matières étrangères interposées dans le fer : ce vice ne nuit pas à sa solidité, mais il dépare l'ouvrage.

Les *criques* sont des fentes transversales provenant de l'effet du martinet.

Les *pailles* sont de petites *doublures* qui occupent peu d'espace et qui se trouvent à la superficie du fer.

Le *travers*. C'est une solution de continuité dans sa contexture, qui se trouve dans le sens de la largeur de la barre.

En comparant les expériences faites sur le fer forgé par *Muschenbroeck*, *Poleni*, *Rennie*, *Banks*, *Telfort*, *Brown*, *Sikingen*, *Buffon*, *Perronet* et *Texier de Norbec*, et pre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nant la moyenne entre tous les résultats qu'ils ont obtenus, l'on trouve :

1°. Qu'un fer carré, tiré dans le sens de sa longueur, peut supporter, avant de se rompre, le poids de 45 kilogrammes par millimètre carré, ou 360 livres par ligne carrée ;

2°. Qu'un fer rond, tiré également dans le sens de sa longueur, peut supporter, avant de se rompre, le poids de 46 kilogrammes par millimètre carré, ou 368 livres par ligne carrée.

Il est évident que la qualité du fer, sa contexture, les modifications que l'affinage lui fait éprouver, doivent produire de grandes variations dans la force de ce métal. Des expériences faites par M. Rondelet lui ont indiqué : 1° que les fers qui ne sont pas forgés ont plus de force en raison de ce que leur grain est plus fin; 2° que celui à paillette ou à gros grain n'a que la moitié de la force de celui qui a le grain fin; 3° que ces fers acquièrent plus de force en les forgeant ; 4° que les fers résistent par leur fermeté à l'effort du marteau en raison de leur épaisseur ; 5° que leur force va en diminuant depuis la surface jusqu'au centre, d'où il résulte que, dans les fers forgés, leur force comparative doit augmenter en raison directe de leur surface et en raison inverse de leur épaisseur ; 6° la force du fer que l'opération de la forge a réduit tout en nerf, est quatre fois plus grande que celle du fer à paillette ou à gros grain, trois fois plus grande que celle du fer dont le grain est moyen, et deux fois plus grande que celle du fer dont le grain est fin.

Rondelet a remarqué que l'effort du marteau, pour réduire le fer en nerf, ne pénètre pas dans les gros fers carrés plus d'une demi-ligne, et dans les petits ou les fers mi-plats, à plus de 2 lignes ; de sorte que les fers tout nerf les mieux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forgés ne passent pas 3 ou 4 lignes d'épaisseur. « Les Italiens, qui ont reconnu cette propriété des fers minces, dit ce savant constructeur, s'en servent avec succès pour réunir et fortifier les bois extrêmement légers, dont ils forment des échafauds, qui étonnent par leur hardiesse et leur solidité. » Par cette même raison, les fers mi-plats sont plus forts que les fers carrés.

M. Texier de Norbec a fait connaître les résultats des expériences faites aux forges de Saint-Gervais, qui nous apprennent que le fer de fonte n'a pas à beaucoup près la même ténacité que le fer forgé. Un barreau de fonte de 4 lignes de côté n'a porté que 1,650 livres, tandis qu'un barreau de fer forgé de même dimension a porté 11,587.

Les tables de M. Texier de Norbec font aussi connaître la grande différence qui existe entre les résultats de résistance des fers forgés entre eux; différences qui établissent combien l'opération de l'affinage a d'influence sur la force des fers.

Rondelet a reconnu que la force de la fonte douce est double de celle de la fonte grise, et que la force du bois de chêne est à peu près la moitié de celle de la fonte grise, et le quart de celle de la fonte douce, lorsque ces fontes sont bien pleines et sans soufflures; mais quand il y en a, elles se trouvent souvent moins fortes que les barres de bois de chêne à dimension et à positions égales.

Nous avons déjà indiqué le résultat des expériences de Robertson-Buchanan, qui établissent que le rapport moyen entre la résistance horizontale du chêne à la rupture et celle de la fonte est $\frac{1}{4}$; et $\frac{1}{3,5}$ celui entre le sapin et la fonte.

L'ouvrage de M. Duleau, intitulé *Essai théorique et pratique sur la résistance du fer forgé*, renferme une suite d'expériences aussi importantes et aussi utiles qu'elles sont nom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

breuses. Cet habile ingénieur a pensé, avec raison, que, pour rendre les résultats de ces expériences applicables à la pratique, il convenait d'évaluer la résistance du fer forgé, par des poids qui ne produisent que de légères inflexions, parce qu'un changement de forme trop considérable compromettrait la solidité des constructions, dont le fer est destiné à réunir les diverses parties.

Les expériences ont été faites :

1°. Sur des barres de fer forgé, chargées horizontalement de poids trop faibles pour altérer leur élasticité, comme le sont les poutres dans les planchers en charpente.

2°. Sur les mêmes barres chargées verticalement, et résistant comme colonnes ou supports verticaux.

3°. Sur des systèmes de pièces en fer, liées entre elles de différentes manières, afin d'augmenter par là leur résistance.

4°. Sur une pièce cintrée naturellement et posée entre deux appuis fixes. Une arche en fer forgé pourrait, si la liaison de ses diverses parties était parfaite, être considérée comme d'une seule pièce, et résisterait à la manière de l'arc soumis aux expériences.

5°. Sur des barres soumises à une force de torsion trop faible pour altérer leur élasticité, emploi qu'elles sont destinées à remplir dans quelques machines.

Voici les principaux résultats que M. Duleau a déduits de ses belles expériences.

1°. Une barre en fer forgé, tirée ou pressée, ne perd pas son élasticité, tant que le poids qui agit sur elle n'excède pas 6 kilogrammes par millimètre carré de section, ou 48 livres par ligne carrée.

2°. Lorsqu'une barre est placée horizontalement, par ses extrémités, sur deux appuis, les flèches, produites par des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poids mis au milieu de la barre, sont proportionnelles à ces poids, tant qu'ils sont peu considérables.

3°. Pour deux barres rectangulaires, de dimensions différentes, les flèches, sous un même poids, sont en raison directe des cubes des longueurs, et inverse des largeurs et des cubes des épaisseurs (en nommant épaisseur la dimension placée verticalement). Pour une barre de 2 mètres de longueur, $0^m,10$ de largeur et $0^m,01$ d'épaisseur, la flèche sous 10 kilogrammes est $0^m,01$. Cet énoncé équivaut à la formule

$$f = 0,0000125 . \frac{CL^3}{le^3};$$

f, L, l et e, sont la flèche, la longueur, la largeur et l'épaisseur de la barre exprimées en millimètres, et C le poids mis au milieu exprimé en kilogrammes.

4°. La flèche la plus grande qu'on puisse faire prendre à une barre de fer sans altérer son élasticité, est en raison directe du carré de sa longueur, et inverse de l'épaisseur. Lorsque la longueur est 2 mètres et l'épaisseur $0^m,01$, cette flèche est $0^m,02$. Cet énoncé est remplacé par la formule

$$F = 0,00005 \frac{L^2}{e}.$$

Cette loi s'applique également aux barres rondes, aux systèmes composés de plusieurs pièces écartées et liées entre elles, et aux tuyaux creux, ronds et carrés, en remplaçant e par la dimension verticale la plus forte.

5°. La résistance d'une barre ronde est en raison inverse du cube de sa longueur et directe de la quatrième puissance du diamètre. Pour une barre ayant une longueur de 2 mètres et un diamètre de $0^m,02$, la flèche, sous 10 kilogrammes, est 0,01061. Cet énoncé équivaut à la formule

$$f = 0,00002122 . \frac{CL^3}{d^4}.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6°. La flèche due au poids seul d'une barre, ou à un poids réparti uniformément sur sa longueur, n'est que les $\frac{5}{8}$ de celle que produirait le même poids mis au milieu.

7°. Lorsqu'une barre, placée horizontalement, est encastrée par un bout et porte à l'autre un poids, l'abaissement de l'extrémité chargée est égal à la flèche que produirait un poids double, mis au milieu d'une barre de même largeur et épaisseur, et de longueur double, posée par ses deux extrémités sur des appuis.

8°. La flèche due au seul poids d'une barre horizontale encastrée par un bout ou à un poids réparti uniformément sur sa longueur, est égale aux $\frac{3}{8}$ de celle que produirait le même poids mis à l'extrémité libre.

9°. Une barre carrée, dont les arêtes seraient vives, résiste autant dans le plan des deux arêtes opposées que dans celui d'une des faces.

10°. Lorsqu'une barre, placée horizontalement sur deux appuis, a ses extrémités encastrées, ou ayant une direction invariable, mais de manière à ce que les extrémités puissent se rapprocher librement l'une de l'autre, l'abaissement produit par un poids mis au milieu de la barre, est égal à $\frac{1}{4}$ de celui qui aurait lieu si les extrémités de la barre étaient libres.

11°. Une barre rectangulaire, pressée debout, résiste jusqu'à ce que le poids qui la comprime ait atteint la valeur $P = \frac{16450.le^3}{L^2}$. Ce poids P détermine la pièce à prendre une courbure sur la dimension la plus mince, et sur-le-champ la pièce se plie en deux. Ce poids est, comme on le voit, proportionnel à la largeur et au cube de l'épaisseur, et en raison inverse du carré de la longueur. Pour une barre carrée d'un mètre de longueur, et de 0^m, 01 de côté, ce poids est 164 kilogrammes et demi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

12°. Le poids qui fait plier une barre ronde en la pressant debout, est $P = \frac{9689,5.d^4}{L^2}$. Ce poids est, comme on le voit, en raison directe de la quatrième puissance du diamètre, et inverse du carré de sa longueur. Pour une barre d'un mètre de longueur et de 0^m, 01 de diamètre, ce poids est 96 kilogrammes 895 millièmes.

13°. Une pièce carrée, pressée debout, plie indifféremment, de manière à ce que le plan de la courbe passe par deux arêtes, ou soit parallèle à l'une des faces.

14°. Lorsqu'une pièce, pressée debout, a l'une de ses extrémités encastrée, et que l'autre ne peut se mouvoir que suivant la droite qui joint les deux bouts, le poids qui la fait plier est égal aux $\frac{9}{4}$ de celui qui serait nécessaire, si la pièce n'était pas encastrée.

15°. Lorsque les deux extrémités sont encastrées, le poids qui fait plier la pièce, en la pressant debout, est quatre fois plus fort que lorsqu'elles ne le sont pas.

16°. Lorsqu'une pièce, pressée debout, est soutenue dans son milieu, elle se courbe en forme de S, et le poids qui la fait plier est quatre fois plus fort que si la pièce était tout-à-fait libre.

17°. Lorsque deux pièces rectangulaires, de dimensions égales, sont liées entre elles de manière à être séparées par un intervalle, et que la liaison est parfaite, c'est-à-dire que les pièces ne peuvent ni s'écarter, ni glisser l'une par rapport à l'autre, la résistance du système dans le plan qui coupe les deux pièces est à celle du même système supposé plein comme $E^3 - e^3$ est à E^3, E étant l'épaisseur totale, et e celle du vide, pourvu cependant que le système ne puisse plier que dans le plan qui coupe les deux pièces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

18°. La résistance d'un tuyau creux, rond ou carré, est à celle du même tuyau plein comme $D^4 - d^4$ est à D^4, D et d étant les diamètres ou les côtés extérieur et intérieur du tuyau.

19°. Lorsqu'on met une charge au milieu d'un arc uniformément épais et large, de peu de courbure, et dont les extrémités sont posées contre des appuis invariables, le tiers du milieu s'aplatit, et les deux autres deviennent plus convexes; l'abaissement du point chargé est environ égal (lorsque les poids sont peu considérables) à la flèche due aux poids comprimans pour le tiers de l'arc.

20°. Lorsque le tiers milieu de l'arc devient droit, ce qui a lieu sous trois fois le poids correspondant à la flèche primitive de l'arc entier, celui-ci fléchit en sens contraire.

21°. Lorsqu'on met un poids de chaque côté de l'arc, au milieu des tiers extrêmes, ces portions s'aplatissent, et le tiers milieu devient convexe. L'arc entier fléchit enfin lorsque chacun des tiers extrêmes devient droit, ce qui a lieu sous trois fois lepoids correspondant à la flèche primitive de l'arc entier.

22°. Le point le plus défavorable où puisse être chargé un arc, est au quart de sa longueur, à partir d'une de ses extrémités; la flèche de la moitié non chargée augmente, et celle de l'autre diminue d'une quantité à peu près égale, pour des poids peu considérables, à la flèche due au poids comprimant pour la moitié de l'arc total; enfin, la moitié chargée s'aplatit tout-à-fait, et détermine l'inflexion de l'arc total en sens contraire, sous deux fois le poids correspondant à la flèche primitive.

23°. Lorsqu'un poids tend à faire tordre une barre ronde, l'arc de torsion est donné par la formule $11{,}33 . Gd^4 = LKS$; G étant cet arc exprimé en degrés, d et L le diamètre et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la longueur de la pièce, S le bras de levier du poids mis à l'extrémité, exprimés en mètres, et K ce poids exprimé en kilogrammes.

24°. Pour un tuyau creux cylindrique, il faut, dans cette formule, remplacer d^4 par $D^4 - d^4$, D et d étant les diamètres extérieur et intérieur.

25°. Pour une pièce carrée, la formule est $16\,Gc^4 = LKS$, c étant le côté du carré exprimé en millimètres.

26°. Pour un tuyau creux de forme carrée, il faut, dans cette formule, remplacer c^4 par $C^4 - c^4$, C et c étant les côtés des carrés extérieur et intérieur.

Le poids spécifique moyen du fer est de 547 livres le pied cube ; mais cette pesanteur varie en raison du plus ou moins de pureté, et de son état ou de fonte ou de fer forgé.

Ce métal exige, pour se fondre, un degré de chaleur très élevé, qui correspond au 160e degré du pyromètre de Weedgwood, ou au 9280 du thermomètre de Réaumur.

La fonte de fer est employée, dans les constructions, pour former des bornes, des tuyaux, des plaques de cheminées et quelques ornemens volumineux, qui exigent plus de solidité que de finesse. Depuis quelques années, les Russes ont mis en usage la fonte de fer pour former des colonnes et des entablemens. On voit à Pétersbourg et à Moscou quelques monumens décorés d'ordres d'architecture de grandes dimensions en fonte. Les arches de plusieurs ponts en Angleterre et en France sont formées par des voussoirs en fonte, qui ont la forme de châssis à jour, assemblés par des boulons en fer forgé, et entre lesquels on a inséré des lames de cuivre susceptibles de céder à la pression et de remplir les inégalités de la fonte. Telles sont les arches du pont du Jardin du Roi à Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ténacité et la force du fer forgé en rendent l'emploi très fréquent dans les constructions, pour relier et soutenir les parties faibles, surtout quand elles ont à éprouver de fortes poussées.

Les grosses barres de fer nommées *ancres* et *tirans*, dont on affermit les murailles et les supports (si elles ne sont inutiles), sont un indice certain que ces murailles ou ces supports manquent de solidité, soit parce que leur construction est vicieuse, soit parce que leurs dimensions sont insuffisantes. Ainsi, un architecte qui en fait usage daus un édifice nouveau, confesse publiquement que son plan est ou mal combiné, ou mal proportionné, ou mal exécuté.

Vignole, courroucé contre les constructeurs de son temps, qui, comme on le pratique encore, faisaient un emploi abusif des *ancres* et des *tirans* en fer, s'écriait souvent que *le fabbriche non si hanno da reggere colle stringhe*. Il voulait dire qu'un édifice solide doit se soutenir par lui-même, sans le secours des barres de fer, lesquelles devraient être réservées pour les vieux édifices qui donnent des signes de caducité.

On ne voit point dans les édifices antiques qu'aucune de leurs parties ait été reliée originairement par des barres de fer. Les anciens, sachant combien ce métal est exposé à l'oxidation, ont même évité d'en faire usage, pour former les crampons et les goujons qui unissaient les pierres de taille des murs et des voûtes. Ils se sont servis, à cet effet, du bronze, quoique plus coûteux, ou bien de bois dur, ou même d'ossemens d'animaux. Le bronze était aussi employé lorsqu'ils voulaient former des charpentes métalliques pour les combles ou pour les planchers. Le toit du portique du Panthéon romain était autrefois soutenu par des poutres en bronze, qui avaient la forme d'un canal recreusé. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voûte plane d'une des grandes salles des thermes de Caracalla, à Rome, était supportée par des barres de bronze, ainsi que Spartien le dit dans la vie d'Antonin Caracalla : *Reliquit Thermas nominis sui eximias, quarum cellam solearem architecti negant posse ulla imitatione qua facta est fieri. Nam et ex ære vel cupro cancelli superpositi esse dicuntur, quibus cameratio tota concredita est; et tantùm est spatii ut idipsum fieri negent potuisse docti mechanici.*

Les constructeurs français ont souvent adopté le fer pour former les voûtes et les planchers; on voit à Paris de très beaux ouvrages de ce genre, parmi lesquels on distingue la voûte sphérique de la Halle-aux-Blés, le comble du Théâtre-Français et du grand salon au Musée; la charpente du comble de la Bourse sera également en fer. Ce mode de construction, qui jouit de l'avantage précieux de l'incombustibilité, exige des précautions, soit pour s'opposer à l'oxidation du fer, soit pour éviter les mauvais effets de la dilatation et de la contraction que ce métal éprouve nécessairement par l'effet de la chaleur et du froid.

Lavoisier et Laplace ont trouvé qu'une verge de fer fondu s'alonge, depuis la température de la glace fondante jusqu'à celle de l'eau bouillante, de $\frac{1}{901}$, et que l'alongement d'une verge d'acier est de $\frac{1}{874}$, ce qui donne pour chaque degré $\frac{1}{72080}$, si c'est du fer pur fondu, et $\frac{1}{69930}$, si c'est de l'acier. Ellicot a trouvé que l'alongement du fer forgé est à l'acier comme 15 à 14.

Quand on veut former une charpente en fer, il vaut mieux employer des systèmes de pièces de faible équarrissage, reliées fixement entre elles, que de grosses barres; car les expériences de M. Duleau prouvent que ces pièces, par leur écartement, peuvent acquérir une résistance aussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande que celle qu'offrirait une seule barre beaucoup plus pesante que tout le système. Il résulte des calculs de cet ingénieur que la résistance d'un tuyau dont le diamètre est égal à vingt fois son épaisseur, est neuf fois et demie plus forte que celle d'un cylindre plein, de même longueur et de même poids.

Les anciens donnèrent la forme d'un canal recreusé, de petite épaisseur, aux poutres du Panthéon que nous avons déjà citées. M. Cachin a remarqué, en Angleterre, une application ingénieuse de ce principe au gros arbre vertical d'une machine, pour élever les fardeaux nommée *grue*. Cet arbre est composé de quatre pièces en bois de faibles dimensions, placées de manière à former les quatre faces d'un solide quadrangulaire vertical, renflé dans le milieu. Ces pièces sont maintenues dans cette position par de petites moises horizontales, saisissant ces pièces deux à deux, et superposées. On a aussi formé des arbres cylindriques de machines, creux et composés de douves, à l'instar des tonneaux.

A l'égard des charpentes en fer, l'emploi des pièces de faible équarrissage offre un autre avantage; c'est que le fer est mieux forgé, plus complètement nerveux et beaucoup plus fort à égalité de circonstances.

Quant aux pièces inclinées qui entrent dans une charpente, on pourra comparer leur force à celle des pièces droites, en réfléchissant que si, pour ces dernières, la force est exprimée par la longueur de la pièce, pour les autres elle ne le sera que par la verticale, comprise entre son extrémité supérieure et la ligne horizontale qui passe par le pied.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRE DEUXIÈME.

DES PARTIES ÉLEMENTAIRES QUI COMPOSENT LES ÉDIFICES EN GÉNÉRAL.

Les murs, les voûtes, les planchers et les combles; les communications, les dégagemens et les escaliers, sont les parties élémentaires dont la réunion forme les édifices, quelle qu'en soit l'espèce. Il convient de bien connaître toutes ces parties séparément avant de s'occuper de l'examen des édifices dans leur ensemble. Le but de ce livre est d'exposer ce qui concerne la forme, la disposition, les proportions et les modes de construction de chacune des parties que nous venons de nommer.

CHAPITRE PREMIER.

Des Murs.

On classifie les murs de deux manières différentes : l'une par rapport aux matériaux qui les composent, la seconde par rapport à leur emploi, comme parties constitutives des édifices.

Par rapport aux matériaux, on les distingue ainsi qu'il suit : 1° murs en pierres de taille, ou *maçonnerie d'appareil;*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° murs en moellons; 3° murs en briques; 4° murs bâtis par encaissement.

Quant à leur emploi, les murs se distinguent en quatre espèces principales : 1° les murs de clôture, qui n'ont aucune autre charge à supporter que celle de leur propre masse; 2° les murs de terrasse, qui doivent résister à la poussée des terres ou des fluides; 3° les murs principaux des édifices, c'est-à-dire, ceux qui en forment le pourtour, et qui soutiennent plus particulièrement le comble, les planchers et les voûtes; 4° les murs qui établissent les divisions secondaires dans l'intérieur des édifices, et que l'on nomme ordinairement *murs de refend.*

Avant de nous occuper de ces diverses espèces de murs, voyons ce que Vitruve nous apprend relativement à cet objet.

Voici un extrait de ce qu'il en dit dans le liv. II, chap. VIII :

« Les genres de constructions sont : 1° le *reticulatum* (pl. IV, fig. 8, 9, 10), lequel est maintenant employé très souvent; 2° l'ancien genre, appelé *incertum* (pl. IV, fig. 11). Le premier est plus agréable à la vue, mais aussi il est sujet à se lézarder, parce que les pierres qui le composent ne forment aucune liaison dans leurs lits et joints.

» L'*incertum* est moins beau, mais plus solide que le *reticulatum*, parce que les pierres qui le composent sont liées et enclavées les unes dans les autres.

» Ces deux sortes de maçonneries demandent à être formées avec de petites pierres, entourées et reliées par une bonne quantité de mortier, car s'il n'y en avait pas assez, les pierres tendres et poreuses absorberaient toute l'humidité avant qu'il fît corps; si, au contraire, il est abondant, les murs ne se dessécheront point aussitôt, et le mortier pourra acquérir une force suffisante pour en lier toutes les parties.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Si l'humidité était absorbée avec trop de promptitude par les moellons arides, la chaux et le sable se sépareraient, le mortier perdrait la faculté de les réunir, et les murs tomberaient en ruine.

» On peut remarquer cet effet dans quelques monumens des environs de Rome, dont l'extérieur est construit en marbre ou en pierres de taille, et l'intérieur en blocage battu; la pierraille intérieure ayant absorbé l'humidité du mortier avant qu'il eût acquis toute sa consistance, forme un amas incohérent, qui repousse en dehors les paremens et en désunit les joints.

» Pour éviter ce défaut, on doit relier les paremens, en formant, de distance en distance, des assises de moellons, de grandes briques, de pierres, ou bien les relier avec des crampons de fer scellés en plomb. L'ouvrage étant d'ailleurs construit avec ordre et régularité, les joints bien assemblés, les pierres bien posées sur leurs lits, les murs dureront très longtemps sans altération.

» Il ne faut point dédaigner la méthode des Grecs, qui, lorsqu'ils manquaient de pierres de taille, n'employaient point de petites pierres tendres pour les paremens, mais se servaient à cet usage de moellons durs qu'ils posaient en liaison, à la manière des briques, ce qui donne à cette sorte de construction une longue durée.

» Les Grecs ont deux genres de maçonnerie : l'une appelée *isodomon* (pl. III, fig. 7 et 10), et l'autre *pseudidomon*, fig. 13 et 16). Le premier genre se distingue en ce que toutes les assises de pierres ont la même hauteur; les assises du *pseudidomon* sont inégales. L'un et l'autre ont beaucoup de solidité; premièrement parce que les pierres qu'on y emploie étant dures et compactes, n'absorbent point avec trop d'avidité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'humidité du mortier, qui en conserve assez pour former une masse durable; secondement, les pierres étant bien dressées, posées de niveau et reliées dans toute l'épaisseur du mur, elles ne peuvent se détacher.

» Les Grecs ont un autre genre de maçonnerie qu'ils nomment *emplecton* (pl. IV, fig. 4, 5), et dont nous faisons usage dans les constructions rurales. Les paremens sont maçonnés avec régularité, mais l'intérieur est rempli de pierrailles mêlées avec du mortier. Ceux qui ne cherchent qu'à faire vite, construisent les paremens à la hâte, sans les liaisonner, et remplissent le milieu de débris jetés confusément; d'où il résulte que les paremens et le milieu forment des parties qui ne sont point adhérentes. Les Grecs, au contraire, ont soin de placer en liaison les pierres des paremens, et de réunir ces paremens, de distance en distance, par des pierres qui occupent toute la largeur de la muraille; ces pierres relient les murs et leur donnent beaucoup de solidité : elles se nomment *diatonous*.

» Si quelqu'un veut faire des constructions durables, il fera bien de préférer la méthode qui vient d'être détaillée; car les constructions en moellons tendres sont de peu de durée, malgré leur belle apparence. Voilà pourquoi les experts ne les évaluent point ce qu'elles ont coûté, mais ils déduisent autant de quatre-vingtièmes qu'elles ont d'années, et n'ordonnent de payer que le surplus; ils pensent que ces murs ne peuvent durer plus de quatre-vingts ans. Au contraire, les murs en briques sont estimés au prix coûtant, pourvu qu'ils soient bien d'aplomb, et on ne déduit rien de leur valeur. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Murs en pierres de taille.

Les murs dans la construction desquels on emploie les pierres de taille, sont de trois sortes : 1° entièrement construits en pierres de taille (pl. III, fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12); 2° n'ayant que les paremens en pierres de taille, et dont la maçonnerie intérieure est composée d'autres matériaux (pl. IV, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7); 3° n'ayant que les *chaînes* et les encadremens en pierres de taille (pl. V, fig. 6).

On donne en général le nom d'*appareil* à la détermination des formes que doivent avoir les pierres de taille qui entrent dans la formation d'un édifice. Lorsque les pierres sont taillées suivant les règles de l'appareil, elles prennent le nom de pierres d'appareil; et la maçonnerie dont elles font partie se nomme *maçonnerie d'appareil.*

L'appareil doit donner aux murs la plus grande stabilité possible, et présenter des lignes régulières et concordantes.

Le mot *assise* indique chaque rangée horizontale de pierres. La stabilité exige que les joints des assises superposées ne se correspondent point en aucun sens; ainsi il faut (pl. III, fig. 7) que tous les joints de l'assise inférieure soient couverts par les pleins des pierres qui composent l'autre assise; on donne à cette disposition essentielle divers noms, car on l'appelle *plein sur joint,* ou bien *à joints recouverts,* ou bien encore *en liaison.*

Il faut, autant qu'il est possible, que les assises soient *réglées,* c'est-à-dire, qu'elles aient toutes des épaisseurs égales.

Pour qu'un mur eût la plus grande solidité possible, il faudrait qu'il fût formé d'un seul bloc; mais comme ce moyen n'est point praticable, toutes les pierres qui le composent devraient être tellement adhérentes entre elles, et avoir une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

juxta-position si parfaite, qu'elles ne formassent qu'une seule masse. Les constructions antiques remplissent cette condition; car, premièrement, les surfaces de pierres qui se touchent, furent dressées avec tant de précision, que le joint de ces surfaces est à peine visible. Cette perfection a fait croire que, pour l'obtenir, les anciens employaient le moyen du frottement, opéré par les blocs eux-mêmes, qu'ils fesaient mouvoir circulairement les uns sur les autres. Secondement, ils employaient les blocs des plus grandes dimensions possibles; et quand ils ne le pouvaient, ils reliaient les pierres de chaque assise par des crampons ou par des queues d'aronde, comme les fig. 26, 27, pl. III, l'indiquent.

Souvent (fig. 24, 25) ils scellaient des goujons en métal, soit dans les faces latérales des pierres, soit dans leur partie supérieure, de sorte que, non-seulement toutes les pierres d'une assise étaient reliées les unes avec les autres, mais elles l'étaient aussi avec celles de l'assise superposée.

La méthode de construction en pierres de taille usitée habituellement à Paris, s'éloigne singulièrement de la perfection antique, à laquelle est due la conservation admirable d'un grand nombre de monumens qui ont résisté pendant tant de siècles aux injures du temps et aux dégradations des barbares.

Cette méthode blâmable produit des constructions éphémères qui, au bout d'un petit nombre d'années, donnent déjà des signes de décrépitude; et, si l'on ne l'abandonne, on doit renoncer à l'espoir de transmettre nos monumens à la postérité.

Voici en quoi elle consiste. Chaque pierre est posée sur des cales plus ou moins élevées, de manière que son parement satisfasse à celui du mur que l'on construit, et que son lit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supérieur se trouve dans le plan général de la hauteur de l'assise. Pour rendre la pose plus prompte et plus facile, et pour avoir, en apparence, des joints serrés, on commence à démaigrir les lits des assises à un pouce ou deux de l'arête du parement, de sorte que, au-delà de ce rebord, le joint horizontal a souvent près d'un pouce de hauteur; on le garnit de plâtre ou de mortier fluide : à cet effet, on se sert d'une fiche en fer, et l'on ferme l'ouverture des joints avec des étoupes ou de la filasse, qu'on enlève lorsque les mortiers ont pris de la consistance.

Comme le mortier diminue de volume par la dessiccation, il en résulte que le poids d'une partie de l'édifice est supporté par les cales, ce qui occasionne des porte-à-faux et souvent la rupture des pierres vers le milieu de leur longueur, ou, ce qui est encore plus grave, la pression fait éclater les pierres parallèlement au parement.

Cette méthode, qui n'est pas admise dans les travaux des ponts et chaussées et de la fortification, est, conjointement à l'usage du plâtre et à la médiocre qualité des pierres de taille, une des causes principales du peu de durée des édifices que l'on construit à Paris.

Les pierres des constructions antiques sont posées à sec sans mortier; mais elles ont, comme nous l'avons dit, une juxta-position exacte, et des crampons ou des goujons en fer, en bois très dur, et quelquefois en os d'animaux, les réunissent.

Les anciens avaient des ouvriers nommés *quadratarii*, dont l'unique occupation était de dresser les surfaces des joints; ils acquéraient, par une longue pratique, l'aptitude d'exercer avec autant de promptitude que de perfection ce travail important. Les modernes, moins soigneux, ont renoncé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à cette méthode, qui demande beaucoup d'exactitude, et ont adopté la *pose à bain de mortier*, qui s'exécute de la manière suivante :

1°. On *dérase*, c'est-à-dire on établit de niveau le lit de l'assise sur laquelle la pierre doit être posée, et on vérifie si l'opération est exacte.

2°. On présente le bloc en place, et l'on examine, au moyen du plomb, de l'équerre et du niveau de poseur, si les joints forment des plans bien droits, et s'ils produisent une juxtaposition exacte avec les blocs voisins.

3°. Après avoir reconnu que ces conditions sont remplies, on relève la pierre pour pouvoir nettoyer et mouiller le lit de l'assise inférieure, et pour y étendre une couche bien égale de mortier de ciment fin, d'environ huit lignes d'épaisseur, et on couvre aussi de mortier le joint vertical du bloc voisin.

4°. La pierre est mise en place à l'aide de la *pince* du poseur; et après une nouvelle vérification à la règle, à l'équerre et au niveau, on la fixe à demeure, en la frappant avec un mail de bois, jusqu'à ce que le mortier superflu soit sorti en refluant par les joints.

Cette méthode, d'une exécution plus facile que l'antique, produit une stabilité suffisante, soit par la force d'adhésion des mortiers, soit parce qu'il ne reste aucun vide dans les joints, et parce que les pierres reposent sur une couche de mortier d'une épaisseur égale et par conséquent également compressible.

Quel que soit le mode de construction que l'on adopte, il faut empêcher les désunions qui pourraient s'opérer dans la masse du mur, surtout lorsqu'il a beaucoup d'épaisseur : à cet effet, toutes les pierres doivent être placées en liaison, c'est-à-dire qu'il faut que les pierres contiguës soient posées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alternativement les unes dans le sens de la longueur, et les autres dans celui de la largeur.

Il faut éviter de donner aux pierres une trop grande longueur en proportion de la largeur et de la hauteur. La meilleure proportion est celle qui donne à la longueur le double de la largeur, et rend celle-ci égale à la hauteur. Mais comme il serait souvent trop coûteux de réduire toutes les pierres à ces dimensions, on leur donne plus de longueur et de largeur. Ainsi, si la pierre est de moyenne qualité, comme à Paris, on peut donner aux blocs une longueur triple de la hauteur et une largeur double de cette même dimension. Lorsqu'on emploie de la pierre très dure et qui porte plus d'un pied de hauteur d'appareil, on peut rendre la longueur cinq fois plus grande que la hauteur, et la largeur deux à trois fois.

Examinons maintenant la disposition des pierres de taille dans les murs qui en sont entièrement construits ; elle dépend spécialement de la grandeur des blocs que l'on a disponibles, et de l'épaisseur que le mur doit avoir.

Lorsque les blocs ont une largeur équivalente à celle du mur et des hauteurs égales entre elles, la disposition la plus simple et la plus régulière que l'on puisse adopter est celle représentée pl. III, fig. 7, 8, 9; les Grecs l'ont appelée *isodomon*. On voit que toutes les pierres, ayant les mêmes dimensions en tout sens, forment des assises d'égale hauteur, et que les joints verticaux d'une assise sont couverts par le milieu des pierres de l'assise au-dessus : les ouvriers appellent cet arrangement *plein sur joint*, comme nous l'avons déjà dit.

Si la largeur que peuvent avoir les blocs n'est que la moitié de celle du mur, alors il faut adopter la disposition que les Grecs nommaient διατονους, et à laquelle on donne actuelle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment le nom de construction à *boutisse et paneresse*. La pl. III, fig. 10, 11, 12, indique cette disposition, où l'on voit que les pierres présentent alternativement une face carrée et une rectangulaire de double longueur. Les pierres qui présentent la face carrée occupent toute la largeur du mur, et on les désigne sous le nom de *parpains* ou de *boutisses ;* les autres n'occupent que la moitié de cette largeur, comme le profil l'indique.

La disposition pl. III, fig. 19, 20, 21, diffère de la précédente en ce que chaque rang est composé de pierres de même figure; en sorte qu'un rang de pierres à face carrée se trouve entre deux rangs de pierres à face barlongue. Les pierres à face carrée forment toute l'épaisseur du mur, tandis que la largeur des autres n'en occupe que la moitié ou le tiers.

Les fig. 16, 17, 18, représentent une construction composée d'assises de deux hauteurs différentes, posées alternativement l'une sur l'autre. Les petites assises n'ont que les deux tiers des dimensions des grandes ; en sorte qu'il en faut trois petites pour former l'épaisseur du mur, et deux de grandes ; ce qui produit une double liaison à l'intérieur et à l'extérieur. Le soubassement du palais Caffarelli, à Rome, dont le grand Raphaël fut l'architecte, présente cette disposition.

La fig. 4 représente un appareil irrégulier que l'on emploie quand les pierres de taille que l'on doit mettre en œuvre ne peuvent être réduites à la même hauteur. Plusieurs édifices antiques et modernes de Rome présentent cette construction, motivée sur ce que la pierre travertine dont on s'est servi n'a pas des bancs d'une épaisseur uniforme. D'ailleurs, elle n'est pas sujette à prendre des teintes différentes, et les constructeurs ayant eu soin de la poser sans mortier, ou bien en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se servant de mortier fait avec du sable très fin, les joints sont peu sensibles, et l'irrégularité de l'appareil ne s'aperçoit pas.

Quelques ouvrages étrusques, et spécialement les murs de plusieurs villes très anciennes de Toscane, présentent l'appareil fig. 1, 2, 3, bien plus irrégulier que le précédent. M. Petit-Radel a donné à cette sorte de construction le nom de *cyclopéenne;* elle est formée de très gros blocs, dont quelques-uns pèsent plus de 12 milliers. Ces blocs ont des formes polygones et irrégulières.

Les anciens Romains savaient relier les pierres de taille les unes aux autres, sans le secours de crampons, ni de clefs en bois, par la forme seule de leur appareil. Parmi les ruines du théâtre de Marcellus, on remarque des débris de murs appareillés comme l'indiquent les fig. 28, 29, pl. III. Le lit de chaque pierre est divisé en quatre parties par deux lignes droites qui se croisent au centre à angles droits, et qui aboutissent au milieu de chacune des faces. Deux de ces parties, diagonalement opposées, sont recreusées d'environ 2 pouces, et les autres pleines. Ces pierres sont posées les unes sur les autres, de manière que chacune en réunit deux autres par le moyen de ses parties saillantes, qui s'enclavent dans les entailles des deux pierres inférieures, auxquelles elle répond.

Rondelet a imaginé l'appareil pl. III, fig. 22 et 23; chaque assise forme une espèce de chaîne, composée d'un triple rang de pierres, qui s'enclavent les unes dans les autres.

M. Sganzin (*a*) blâme ces méthodes de liaison. « A l'imitation des anciens, dit-il, quelques constructeurs modernes ont cherché à ajouter à la solidité des constructions, qui ré-

(*a*) Programme du Cours de construction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sulte de la pose à bain de mortier; ils ont imaginé des liaisons intérieures produites par des tenons et des ressauts ménagés dans les lits et dans les joints des blocs. Ce moyen a été essayé surtout dans les constructions à la mer, où les maçonneries sont exposées au choc des vagues avant que les mortiers aient pris la consistance nécessaire à la résistance qu'elles doivent opposer; mais on a reconnu que ce moyen ne répondait pas à l'idée avantageuse qu'on en avait formée. La précision nécessaire dans la taille pour que les surfaces des différens plans ainsi multipliés se touchent, est à peu près impossible à obtenir des ouvriers : il y a des vides entre les pierres, qui ne se touchent et ne sont supportées que par quelques points; enfin, il résulte presque toujours de l'emploi de ces moyens des vices de construction qui, au lieu de consolider la maçonnerie, en occasionnent ordinairement la ruine.

» Ces inconvéniens (ajoute cet ingénieur expérimenté) ont fait renoncer à ces moyens de liaison entre les blocs : on doit leur préférer celui des crampons en fer ou en cuivre, qui attachent ensemble tous les blocs d'une assise. Ce qui vaut mieux encore, c'est l'emploi de larges bandes de fer, nommées *ancres*, que l'on encastre sur le lit supérieur d'une assise, dans tout son développement : chacun des blocs qui composent l'assise est percé d'un trou vertical qui correspond à celui qui est préparé dans l'ancre; et, au moyen d'un fort boulon qui traverse l'ancre et la pierre, une assise peut être considérée comme formée d'un seul bloc. Pour ajouter encore à la solidité de ce moyen, on prolonge quelquefois les trous à travers une ou deux assises inférieures, et le boulon prolongé qui les traverse les lie ensemble de manière qu'un bloc ne peut être déplacé sans entraîner dans son déplacement plusieurs assises. Ce moyen est excellent pour les ouvrages à la mer, et pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la construction de ceux qui sont destinés à recevoir des chocs, ou à résister à de fortes poussées horizontales. »

Il est rare que les murs très épais soient composés entièrement de pierres de taille. Le plus souvent, ils n'en sont que revêtus, et l'intérieur est composé d'autres matériaux. Les revêtemens ont pour objet, ou de donner une plus belle apparence aux murs, ou plus de solidité.

Dans le premier cas, le revêtement n'est qu'une sorte de placage, qui ne doit être fait que lorsque les constructions principales sont achevées, et qu'elles ont eu le temps de produire tout le tassement dont elles sont susceptibles. Dans le second cas, le revêtement devant se faire en même temps que le reste de la maçonnerie, il est indispensable de prendre les précautions nécessaires pour empêcher l'inégalité des tassemens, et les accidens qui en sont la suite nécessaire. Ces précautions consistent, 1° à former des *arrasemens* généraux à la hauteur de chaque assise; 2° à recouvrir ces arrasemens avec des recoupes de pierres de taille, et cela pour pouvoir battre la maçonnerie intérieure et lui donner plus de consistance; 3° à disposer l'appareil des pierres de taille de manière qu'elles présentent des liaisons fréquentes en tous sens; 4° à poser des chaînes en pierre, ou même en bois, qui relient, de distance en distance, la masse de la maçonnerie sur toute son épaisseur.

Quelquefois le revêtement extérieur d'un mur est en pierre de taille, et l'intérieur en briques; c'est ainsi que sont construits les massifs des murs de Saint-Pierre à Rome. (Pl. IV, fig. 6 et 7).

Lorsque les anciens devaient construire des murs très épais, ils les reliaient avec des pièces de bois. « On formera, dit Vitruve, dans l'épaisseur du mur, des espèces de chaînes avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des pièces de bois d'olivier, durcies au feu, placées à égale distance l'une de l'autre. Ces pièces, convenablement boulonnées, donneront au mur une solidité à toute épreuve : car ni les intempéries de l'air, ni la vermoulure, ni le temps, ne peuvent altérer ce bois ainsi préparé. »

Léon-Baptiste Alberti dit, au liv. III, chap. 9, qu'il a trouvé, dans des murs antiques, quelques fortes lames de plomb qui servaient à les liaisonner. *Ho visto ancora chi ha sparse per le mura piastre di piombo molto lunghe et molto larghe secondo la grossezza del muro acciò faccino legamento.*

Jules César rapporte, dans ses Commentaires, que les Gaulois construisaient les murs de leurs villes en entremêlant des poutres avec de grosses pierres, et en remplissant les intervalles avec de la terre. Ces murs opposaient une grande résistance aux coups de bélier, et n'étaient point exposés aux dangers d'un incendie.

Murs en moellons.

Nous avons vu, pag. 114, que Vitruve parle de deux sortes de maçonneries en moellons, à l'une desquelles il a donné le nom d'*opus incertum*, et à l'autre d'*opus reticulatum*. Il trouve la première plus solide, la seconde plus agréable à la vue; mais, pour l'une et pour l'autre, il recommande d'employer une abondante quantité de mortier.

Ces deux sortes de maçonneries exigent que les angles et les extrémités soient en pierre de taille (pl. IV, fig. 8, 9, 10 et 11) ou en briques, disposées régulièrement par rang d'assises, ou en moellons réguliers.

L'*opus incertum* a été mis en usage dans les plus anciens édifices de l'Étrurie et de Rome. Cette espèce de maçonnerie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donnait le moyen d'employer des pierres irrégulières et de hauteur différente. L'*opus incertum* ainsi que le *reticulatum* ne servaient que de paremens aux murs dont l'intérieur était construit en béton (pag. 65), que l'on désigne souvent par le nom de *blocage* ou de *blocaille*.

L'*opus reticulatum*, dont on trouve de nombreux débris à la *ville Adrienne*, le long de la *via Appia* hors des portes de Rome, sur le mont Pincio, et aux Thermes de Titus et de Dioclétien, présente à l'extérieur la figure d'un réseau : cette maçonnerie est formée de petits moellons en tuf, carrés à la partie extérieure, et ayant 3 pouces environ de côté, et 5 ou 6 pouces de longueur; ils se terminent en pointe (fig. 9et 10), afin de se mieux lier à la maçonnerie intérieure. L'*opus reticulatum* forme des panneaux encadrés, ou par des chaînes en briques, ou bien par de petits moellons de tuf équarris de 7 à 8 pouces de long sur 3 $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, et 4 ou 6 de largeur. Les chaînes horizontales, éloignées de 4 pieds ou de 4 pieds et demi, étaient composées de trois ou de cinq assises de ces moellons équarris ou de briques.

Léon-Baptiste Alberti dit avoir vu des murs à *opus reticulatum* (fig. 8) dans lesquels on remarquait des rangs de moellons plus longs, dont les faces étaient doubles, c'est-à-dire qui occupaient la place de deux carrés, et cela pour liaisonner la maçonnerie.

Près du cirque de Caracalla, on voit des ruines antiques en maçonnerie de moellons réguliers de tuf par assises horizontales et de même hauteur. Ces moellons ont 8 pouces de long, 8 pouces de large, et 3 de hauteur.

Les murs du cirque de Caracalla sont formés d'une maçonnerie mixte, composée alternativement d'une assise de briques et une en moellons de tuf équarris. Les murs du quartier des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soldats, à Pompeïa, sont formés alternativement par trois assises de briques, et une de moellons équarris.

On fait usage à Paris de deux sortes de maçonneries en moellons : l'une se nomme *limousinage*, et l'autre maçonnerie en *moellons piqués*.

On appelle *limousinage* la maçonnerie qui se fait à Paris en moellons bruts, avec du plâtre. La propriété du plâtre de se consolider très promptement est cause que les maçons exécutent cette maçonnerie avec autant d'imperfection que de négligence; le plus souvent, après avoir posé les moellons des paremens, sans avoir préalablement dressé les lits, ils se contentent de remplir le milieu avec des débris de pierrailles et de poussière à sec.

L'emploi du plâtre, à Paris, diminue la durée des maisons particulières, dont les murs gauchissent et se déforment par l'effet du renflement qu'il prend au bout de quelque temps.

On peut cependant avoir une bonne maçonnerie en moellons bruts, pourvu qu'on emploie du bon mortier, qu'on ait soin de mouiller les moellons avant de les mettre en œuvre, et, lorsqu'ils sont placés, de les battre pour les faire bien joindre; de bien garnir tous les vides avec de petites pierres et des recoupes broyées avec le mortier; et enfin, d'arraser le mur, à chaque rang d'assises, avec une bonne couche de mortier, après les avoir convenablement dressées. Il faut avoir soin de relier les murs épais, de distance en distance, avec des pierres aussi longues qu'ils sont épais, sans quoi ils seront sujets à se désunir dans le milieu.

Quoique l'usage du plâtre nuise singulièrement à la durée des constructions, cependant on s'en sert habituellement à Paris, parce qu'il acquiert tout de suite la solidité dont il est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

susceptible, tandis qu'il faut plusieurs années pour le mortier; mais, en revanche, la solidité des constructions en mortier augmente progressivement, au lieu que celles en plâtre s'affaiblissent; de sorte que, si ces dernières sont exposées à l'humidité ou aux injures de l'air, elles doivent être renouvelées au bout de quinze ou vingt ans. Les murs maçonnés en plâtre, par l'augmentation de son volume, perdent leur aplomb, et s'écrouleraient s'ils n'étaient reliés par les planchers et les combles, et enclavés dans les constructions voisines. Conséquemment, l'usage du plâtre, en guise de mortier, doit être exclus des constructions que l'on veut rendre durables.

La maçonnerie en *moellons piqués* est celle dont les paremens sont revêtus de moellons équarris régulièrement, et dont les lits et joints sont dressés d'équerre aux paremens. Ces moellons doivent être posés à bain de mortier et en liaison, à l'instar des pierres de taille, desquelles ils ne diffèrent que par leur moindre grandeur.

La plus solide de toutes les maçonneries en moellons, dont on fasse usage à Paris, est celle en pierres meulières, posées à bain de mortier. Outre la solidité, elle a l'avantage de produire un effet agréable à l'œil, lorsqu'elle est encadrée dans des chaînes en pierre de taille. On a choisi avec raison ce genre de construction, aussi durable qu'économique, pour les abattoirs, l'entrepôt des vins, les écluses et les ponts des canaux de Saint-Denys et de Saint-Martin.

Dans les pays dépourvus de moellons bien gisans, on peut former des maçonneries avec des cailloux roulés (pl. IV, fig. 12), ou bien avec des produits volcaniques de formes irrégulières. Pour que cette maçonnerie soit solide, il ne faut point épargner le mortier, il faut que les pierres se touchent dans le plus grand nombre de points possible, et enfin il faut bien garnir les vides.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maçonnerie en briques.

La maçonnerie en briques est préférable, par rapport à la solidité, non-seulement à toutes les espèces de maçonneries en moellons, mais encore à celles en pierres de taille calcaires de médiocre qualité. Les anciens, qui n'évaluaient la durée de l'*opus incertum* et du *reticulatum* qu'à quatre-vingts ans, regardaient comme indéfinie celle de la maçonnerie en briques; aussi voyons-nous qu'ils en ont fait un fréquent usage dans leurs plus grands monumens, tels que le Panthéon, le temple de la Paix, les Thermes, etc. Les grands architectes de l'école romaine et de l'école vénitienne, et, entre autres, le célèbre Palladio, ont suivi cet exemple. A Paris, les constructions en briques ont été à la mode du temps de Henri IV. Il serait désirable que cette mode se reproduisît et fût moins passagère.

La maçonnerie en briques offre de précieux avantages :

1°. La régularité et les petites dimensions de cette espèce de matériaux en rendent le transport aussi prompt que facile.

2°. La mise en œuvre est également facile et prompte.

3°. Les liaisons s'obtiennent avec la plus grande régularité.

4°. Les briques résistent mieux que toutes les autres espèces de matériaux aux intempéries de l'atmosphère et à la violence des incendies.

5°. La maçonnerie en briques est, à l'exception du béton, plus imperméable à l'eau qu'aucune autre, ce qui la rend propre surtout aux constructions hydrauliques.

6°. Les briques adhèrent aux mortiers avec une grande ténacité, de sorte que les constructions en briques soigneusement faites font une seule masse lorsque le mortier a pris toute sa consistance.

La bonne exécution de cette maçonnerie exige que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

briques soient bien nettoyées, et surtout imbibées d'eau, avant de les mettre en œuvre : le mortier doit être de bonne qualité et abondant ; il faut qu'il soit plus tendre que pour les autres espèces de maçonneries. Lorsque les briques sont posées, il faut les frapper légèrement avec le marteau ou avec la tranche de la truelle.

Toutes les fois que l'on reprend le travail qui a été interrompu pendant quelque temps, il ne faut jamais oublier de nettoyer avec soin le lit des assises et de le mouiller.

L'usage des briques remonte à la plus haute antiquité M. Le Goux de la Boulaye a décrit les restes d'une grande tour massive, qui se trouve dans le pays qu'occupait l'antique Babylone. Elle est construite en briques crues carrées, dont les côtés ont environ un pied ; l'épaisseur est de 3 pouces : le mortier qui unit ces briques est composé de terre et de bitume, et forme des joints horizontaux d'environ un pouce d'épaisseur ; après sept rangs de briques, alternativement, la maçonnerie est reliée par une couche générale de roseaux brisés, mêlés avec de la paille et du bitume, et dont l'épaisseur est de 3 pouces. On a trouvé dans les ruines de Babylone des briques cuites, émaillées, et colorées de jaune et de bleu, par bandes ondées.

Les Romains employaient les briques, le plus souvent, pour former les revêtemens de murs en *blocage* et pour les liaisonner. (Pl. IV, fig. 23, 24, 25, 26.)

Ces revêtemens antiques sont formés par des briques triangulaires, posées de manière que le grand côté est à l'extérieur, et l'angle droit à l'intérieur ; l'espace compris entre ces paremens était rempli de béton ; de 4 pieds en 4 pieds les paremens étaient réunis et reliés par des assises de grandes briques carrées. Mais, avant de poser ces assises, ils avaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soin de battre la maçonnerie du milieu, afin de prévenir le tassement. Il est évident que ce genre de maçonnerie ne pouvait s'effectuer qu'à l'aide d'un encaissement, comme nous le dirons bientôt. On aperçoit encore, dans quelques ruines antiques, les traces de cet encaissement.

Lorsque les anciens se servaient de briques de moyenne dimension, ils avaient soin de placer, de distance en distance, des assises de plus grandes briques pour les liaisonner.

Le mode de liaisonner les briques dans un mur qui en est entièrement construit, dépend de son épaisseur.

La pl. IV, fig. 15, 16, indique un mur formé par un seul rang de briques, posées à plat. Les briques sont posées de champ dans les fig. 13, 14.

Les murs fig. 17, 18, 19, 20, ont une épaisseur égale à trois largeurs de briques. On voit que les briques des assises supérieures croisent celles des assises inférieures, et que les joints verticaux et horizontaux n'offrent pas de continuité. Les fig. 21, 22, indiquent une combinaison de pose pour un mur dont l'épaisseur est égale à la largeur de quatre briques.

En Hollande, on suit la méthode indiquée pl. IV, fig. 27, pour former des murs en briques, très bien *liaisonnés*, quoique fort épais. On pose les briques obliquement, en donnant aux rangs de chaque assise une direction contraire, pour qu'ils se croisent. Cette disposition exige que les briques des paremens soient tranchées obliquement. Lorsqu'un parement doit être apparent, on fait disparaître ses aspérités, en le frottant avec une pierre de grès, que deux hommes font aller et venir en tout sens, par le moyen de deux cordes, tandis qu'un troisième ouvrier appuie dessus pour la faire mordre, et mouille la partie frottée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maçonnerie en blocaille.

De toutes les espèces de maçonneries, aucune ne fut plus en usage chez les Romains que celle qui était faite en *béton*, *blocaille* ou *blocage;* elle s'effectuait à l'aide d'un encaissement.

Les paremens des murs en béton étaient formés de briques ou de moellons; de l'excellent mortier, entremêlé de débris de pierres ou de briques, constituait le remplissage intérieur. Ce remplissage était battu et massivé par couches régulières, de manière que les vides se trouvant partout exactement remplis, la masse de la maçonnerie acquérait une telle compacité, qu'au bout de quelque temps on pouvait la considérer comme un seul bloc de pierre factice, qui souvent rivalisait en dureté avec les meilleures pierres.

Cette méthode conciliait la solidité avec l'économie; car elle donnait le moyen d'employer toutes les recoupes de pierres de taille, les cailloux, les petits moellons et tous les matériaux de moindre valeur.

L'exécution en était prompte et facile, et, plus qu'aucune autre, elle était en état de résister à l'action destructive de l'air et de l'humidité; car les matières, resserrées par leur propre poids et fortement battues au pilon, acquéraient une continuité et une compacité que ne peuvent offrir les autres espèces de maçonneries.

Les admirables vestiges des constructions colossales en blocaille exécutées par les anciens, sont des preuves palpables de la bonté de cette méthode, qui a servi pour la construction des murs, pour les voûtes, les terrasses, les pavés de maisons et les grands chemins militaires.

Les figures 4, 5, pl. V, indiquent les moyens qui peu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent être mis en usage pour exécuter ces sortes de constructions. On plante, autour du mur à construire, des perches ou chevrons *aaa*, espacés de 3 pieds en 3 pieds, et distans de 2 pouces et demi du parement. On place ensuite les panneaux *bb*, formés par un assemblage de planches de sapin jointes à languettes et rainures, et blanchies des deux côtés, afin que le mortier ne s'y attache pas si aisément; chaque panneau doit avoir des manettes de fer *z z* pour en faciliter le transport. Les panneaux sont entretenus en haut par des étresillons *c* (fig. 5). Les perches sont fixées par des brides de cordes *pp*, que l'on peut serrer et relâcher à volonté à l'aide du levier *l*. Quand l'encaissement ne joint pas bien partout contre le mur, on chassera, entre les perches *aa* et les panneaux *bb*, des coins en bois; et si les perches n'ont pas assez de grosseur pour soutenir l'effort que les coins font contre elles, on les soutiendra en leur appliquant les étais *hh*.

L'encaissement étant placé, on commence les paremens du mur, qu'on élève à la hauteur de 5 à 6 pouces des deux côtés; puis on remplit l'entre-deux de mortier et de cailloux, que l'on massive avec des battes ou pilons, et on continue ainsi par couches, horizontalement dans toute l'étendue de l'encaissement, et dans toute la hauteur comprise entre les chaînes ou assises qui relient les murs de distance en distance. Cela fait, on démonte les panneaux, que l'on transporte plus loin pour former une nouvelle portion du mur. Lorsque les murs n'ont qu'une petite épaisseur, les paremens tiennent lieu d'encaissement.

Cloisons en bois.

Vitruve blâme les cloisons en bois : « Car, dit-il, malgré qu'elles aient le double avantage de pouvoir être faites avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

célérité, et d'occuper peu de place, cet avantage ne compense pas leur combustibilité, qui peut contribuer au malheur public en propageant les incendies; de plus, les enduits dont on les recouvre sont sujets à se fendre au droit des montans et des traverses qui les composent, parce que le bois se renfle par l'humidité du mortier, et ensuite se contracte en séchant.» Voilà pourquoi il préfère que l'on fasse des cloisons en briques, quoiqu'il en coûte un peu plus. Si cependant on ne peut les éviter, soit par défaut d'emplacement, soit pour cacher des irrégularités, Vitruve indique les précautions suivantes :

« Lorsqu'elles sont au rez-de-chaussée, il ne faut pas qu'elles posent immédiatement sur le sol, car si on les fait entrer dans l'aire du pavé, elles se pourrissent bientôt et se déversent.

» Pour éviter les mauvais effets que la dilatation et la contraction du bois peuvent produire sur les enduits, il faut, après que le remplissage en maçonnerie, entre les bois, aura été fait, clouer, sur les montans, des cannes posées en travers, et, après avoir rempli les intervalles de mortier, en poser d'autres qui croisent les premières; on les clouera sur les traverses. Ce double rang de cannes reliera toutes les parties, de manière qu'il ne pourra s'y faire ni fentes ni lézardes. »

Nous devons faire remarquer ici que les enduits en plâtre sur les cloisons en bois, ne sont point aussi sujets à se gercer et à se fendre que ceux en mortier, pourvu que le plâtre ne soit ni éventé ni noyé; car le renflement qu'éprouve le plâtre forme une espèce de compensation à la contraction du bois, et d'ailleurs le plâtre prend plus vite.

Les cloisons en charpente, que l'on nomme aussi *pans de bois* (pl. II, fig. 1), sont ordinairement composées de poteaux posés debout et espacés, de manière que les vides soient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égaux aux pleins. Les poteaux sont unis à tenons et à mortaises avec des pièces horizontales *aaaa* nommées *sablières*. Les poteaux placés aux angles ont ordinairement des dimensions plus fortes, et se distinguent par le nom de *poteaux-corniers; poteaux d'huisserie* sont ceux placés des deux côtés des portes et des fenêtres. La pièce horizontale *b*, qui forme le dessus d'une porte ou d'une croisée, se nomme *linteau d'huisserie*. Le nom de *poteaux de remplage* est réservé à ceux intermédiaires entre les poteaux-corniers et d'huisserie.

Des pièces obliques *ff*, inclinées en sens contraire, servent à affermir le système ; elles se nomment *guettes* quand elles n'ont qu'une petite inclinaison, et *décharges* quand elles en ont une plus grande ; les portions de poteaux placées au-dessus et au-dessous des décharges s'appellent *tournices*. Toutes ces pièces doivent être assemblées à tenons et mortaises, et chevillées.

Les espaces vides entre les pièces de bois qui composent l'assemblage, doivent être remplis en maçonnerie. Il faut avoir soin de bien relier les cloisons avec les murs principaux.

Pour les cloisons extérieures, portant plancher, on donne communément aux poteaux une épaisseur égale au douzième de leur hauteur, et aux décharges et sablières un pouce de plus tant en largeur qu'en épaisseur.

Les cloisons de simple distribution peuvent être formées avec des pièces de bois refendu, dont l'épaisseur ne soit que la moitié des précédens.

Murs de clôture.

L'épaisseur des murs dépend de leur forme, de leur hauteur, de la qualité des matériaux qui les composent, et de la main-d'œuvre plus ou moins soignée. De toutes les formes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la circulaire est celle qui offre plus de solidité et qui exige conséquemment une moindre épaisseur ; viennent ensuite les polygones réguliers, qui auront d'autant plus de force que le nombre des côtés sera grand. Le carré offre plus de résistance qu'un rectangle, dont la force diminue au fur et à mesure qu'il devient plus alongé. De tous les murs, le plus faible est celui qui est disposé sur une seule ligne droite, sans être relié avec d'autres murs qui fassent angle avec lui ; un tassement inégal du sol ou de la maçonnerie qui le compose, une désunion horizontale, produite par une force quelconque, suffisent pour que le mur tombe. Au contraire, si un mur est placé entre deux autres, il faut, pour le renverser, qu'il se fasse trois déchiremens, dont deux obliques, et un vertical au milieu ; de sorte que, dans ce cas, la résistance du mur sera d'autant plus grande que les murs latéraux seront plus rapprochés. Il résulte de cela que si les murs étaient très éloignés, la partie du milieu ne résisterait guère plus qu'un mur isolé. Voilà pourquoi, comme le remarque très bien Léon-Baptiste Alberti, les anciens ont évité soigneusement de tirer de longues lignes droites sans les interrompre par des courbes ou par des angles. Voici comment il s'explique (liv. I, chap. 10) : *Ma non vorrei che si lasciasse in dietro in questo luogo quel che io ho notato presso gli antichi, cioè che eglino grandemente si guardarono di non tirare nessuna ultima linea della pianta talmente diritta, che lunghissima e sola, non fosse intrapresa o da alcuna concavità di linee torte, o da alcuno intersecamento di angoli; ed è manifestissimo che quei prudentissimi uomini fecero questo, per fare che il muro, quasi aggiuntoli appoggi, a quali si accosti, divenisse più gagliardo.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En conséquence de ce que nous venons d'exposer, l'épaisseur des murs doit augmenter en raison de la distance en ligne directe entre les murs latéraux avec lesquels ils sont liés.

D'après quelles données déterminerons-nous l'épaisseur des murs dans les divers cas? Prendrons-nous pour base de nos calculs la force des matériaux, c'est-à-dire la résistance que chacun d'eux peut opposer aux pressions verticales? Les largeurs que nous obtiendrons alors seront évidemment trop petites; car (en adoptant les résultats des expériences de M. Rondelet) il résulterait qu'un mur de 80 pieds de hauteur, en pierre de taille dure, n'aurait besoin que d'un pouce d'épaisseur, et que le même mur construit en pierre tendre n'exigerait qu'une épaisseur de 4 pouces. Ce résultat absurde nous prouve que la considération de la force des matériaux ne suffit point pour déterminer convenablement l'épaisseur des murs isolés; et comme nous n'avons aucune autre donnée positive, nous devons donc nous limiter à l'observation des murs antiques que le temps a respectés. On remarque, dans les ruines antiques, des murs pleins et isolés qui sont construits en blocaille, revêtus à l'extérieur de briques ou de petits moellons de tuf, disposés régulièrement et convenablement reliés par des chaînes de grandes briques. L'épaisseur de ces murs n'est quelquefois que la seizième partie de la hauteur, mais le plus souvent la dixième ou la onzième partie. On doit observer que ces murs antiques, construits avec autant de soin que de régularité, ne forment plus qu'une seule masse très adhérente à leur fondation, et que conséquemment ils ont acquis une stabilité plus grande que les murs en pierre de taille les mieux construits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rondelet pense qu'en général un mur isolé aura une forte stabilité s'il a pour épaisseur la huitième partie de sa hauteur ; que la dixième partie lui procurera une stabilité moyenne, et la douzième une stabilité suffisante.

Le rapport de l'épaisseur à la hauteur d'un mur doit diminuer lorsqu'au lieu d'être disposé sur une seule ligne droite, il renferme une enceinte déterminée ; et cette diminution sera d'autant plus grande que les côtés de l'enceinte compris entre deux angles consécutifs auront moins de longueur. Voici une méthode graphique, fort simple, que Rondelet a proposée pour fixer cette diminution.

Voyez pl. VIII, fig. 13. Soit *abcd* la face d'un pan de muraille qui doit faire partie d'une enceinte rectangulaire ; après avoir tiré la diagonale *bd*, on portera dessus de *b* en *i* la huitième partie de la hauteur *ab* si l'on veut lui donner beaucoup de solidité; la neuvième ou dixième partie pour une solidité moyenne, et la onzième ou la douzième pour une construction légère. Si par le point *i* on mène une parallèle à *ab*, leur intervalle indiquera l'épaisseur à donner au mur.

Murs de terrasse.

Les murs qui doivent soutenir un *terre-plein*, et auxquels on donne conséquemment les noms de murs de *soutènement*, de *terrasse* ou de *revêtement*, ont à surmonter la pression latérale d'un prisme triangulaire de terre, qui tend naturellement à s'ébouler, en vertu de sa pesanteur. Le plan incliné sur lequel ce prisme repose a d'autant plus d'inclinaison, que les matières qui composent le terre-plein ont moins de cohésion et plus de fluidité. Ainsi ce plan est moins incliné pour les terres végétales simples que pour celles qui sont mêlées avec du gravier, et moins pour celles-ci que pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le sable. Deux causes tendent à diminuer la poussée des terres : 1° leur cohésion ; 2° le frottement que le prisme éprouve sur le plan incliné qui le soutient. Au contraire, toutes les causes qui diminuent la cohésion et le frottement augmentent la poussée : voilà pourquoi les terres imbibées d'humidité produisent une poussée bien plus forte qu'elles ne seraient capables à sec. Dans tous les cas, il est essentiel de *massiver* régulièrement les terres lit par lit, pour leur donner plus de cohésion et de compacité.

Le problème de la poussée des terres a exercé plusieurs géomètres distingués. On trouve, dans la mécanique philosophique de M. de Prony et dans un mémoire qu'il a fait imprimer en 1802, des recherches très intéressantes sur cet important sujet. M. Mayniel a publié, en 1808, un traité expérimental, analytique et pratique de la poussée des terres et des murs de revêtement, contenant l'exposition et la discussion des expériences anciennes et nouvelles sur la poussée des terres, l'exposition et la discussion des diverses théories sur ce sujet, et la comparaison de celle de Coulomb avec de nouvelles expériences.

Parmi les expériences qui sont rapportées dans cet ouvrage utile, on distingue celles faites à Alexandrie en 1805, et à Juliers en 1806 et en 1807. Voici les conséquences principales qu'on en déduit :

1°. La résultante de la poussée d'un remblai, derrière un mur vertical, passe au tiers de la hauteur, à partir de la base du remblai.

2°. Le frottement des terres, qui s'oppose à leur poussée, est à la pression dans le rapport de 1 à 2 pour les terres végétales, et de 4 à 10 pour les sables.

3°. La cohésion qu'acquièrent les terres végétales *damées*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est-à-dire battues, massivées avec soin, diminue leur poussée de plus des deux tiers.

4°. La *ligne de rupture*, c'est-à-dire la lézarde qui se forme dans un remblai, lorsqu'un mur n'étant pas assez fort pour le maintenir est prêt à se renverser, se trouve aux distances suivantes de l'arête intérieure au sommet du mur.

Si le remblai est en sable, la distance est égale aux $\frac{67}{100}$ de la hauteur du mur.

S'il est formé en terre végétale mêlée de petit gravier, elle égale $\frac{68}{100}$.

S'il est en terre végétale simple, elle égale $\frac{62}{100}$.

S'il est formé de décombres, elle égale $\frac{41}{100}$.

S'il est formé de terre végétale mêlée avec du gros gravier, elle égale $\frac{62}{100}$.

5°. Les poussées contre un mur de revêtement, à parement intérieur vertical, équivalent aux quantités suivantes (h indiquant la hauteur du mur).

h^3 (0,800), pour les terres végétales, dont le pied cube pèse 76 livres en les supposant *damées*.

h^3 (3,374), pour les terres végétales non *damées*, mêlées de gros gravier, et dont le pied cube pèse 106 livres.

h^3 (1,125), pour les mêmes terres, lorsqu'elles sont *damées*.

h^3 (3,496), pour le sable, dont le poids moyen est de 92 livres le pied cube.

h^3 (3,15), pour les terres végétales non *damées*, et mêlées de petit gravier, et dont le pied cube pèse 100 livres.

h^3 (1,05), pour les mêmes étant *damées*.

h^3 (1,74), pour les décombres, débris de roches, ou vieux matériaux de démolition, dont le poids moyen est de 120 livres le pied cube.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Mayniel, d'après les expériences combinées avec la théorie, a déterminé les épaisseurs indiquées par la table suivante pour les murs, dont les paremens sont verticaux, afin qu'ils puissent résister à la poussée des remblais. On suppose que les remblais aient été soigneusement damés lit par lit.

Table de l'épaisseur des murs de revêtement, exprimée en parties de la hauteur que l'on suppose égale à l'unité.

QUALITÉ de la MAÇONNERIE.	Poids d'un pied cube de maçonnerie.	Terres végétales simples.	Terres mêlées de gros gravier.	Sables.	Décombres.	Terres argileuses.	Terres imbibées d'eau et presque liquides.	Terres imbibées, mais non pas entièrement saturées d'eau.
Pierre de taille.	186liv.	0,13	0,16	0,26	0,17	0,41	0,44	0,24
Briques.....	120	0,16	0,19	0,33	0,24	0,17	0,54	0,34
Moellons.....	148	0,15	0,18	0,30	0,22	0,16	0,49	0,29
Cailloux roulés.	162	0,14	0,17	0,29	0,21	0,15	0,47	0,27

Dans la pratique, il est prudent de donner aux murs de revêtement une épaisseur plus grande que celle qui est indiquée dans les cinq premières colonnes. Plusieurs causes concourent à faire adopter ces augmentations.

1°. Le frottement des terres contre la maçonnerie n'est pas aussi fort que celui des terres sur elles-mêmes.

2°. Souvent les eaux, filtrant à travers les terres, se rassemblent entre elles et la maçonnerie, et forment des nappes d'eau qui substituent la pression d'un fluide sans frottement à la pression des terres, quoique, pour obvier à cet inconvénient, l'on pratique derrière le revêtement des tuyaux verti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caux, et des égouts au pied de ce même revêtement, pour laisser écouler les eaux; ces égouts s'engorgent, ou par les terres que les eaux entraînent, ou par la gelée, et deviennent quelquefois inutiles.

3°. L'humidité change non-seulement le poids des terres, mais encore leur frottement. Les terres de l'espèce nommée *savonneuse* se soutiennent, lorsqu'elles sont sèches, sur une inclinaison de 45 degrés; et quand elles sont mouillées, souvent elles ne peuvent se soutenir sur une inclinaison de 18 degrés avec l'horizon.

L'humidité augmente aussi le volume des terres; d'où il s'ensuit que, quand elles se dessèchent, il se forme des lézardes dans la masse des remblais, ce qui produit un surcroît de pression contre le mur de revêtement, qu'on ne saurait calculer d'avance.

Coulomb croit que, dans la plupart des espèces de terres, l'on peut, sans danger, fixer l'épaisseur des murs de revêtement à un sixième de la hauteur à la base des murs, et à un septième au sommet.

Il y a moins d'inconvénient à diminuer l'épaisseur des murs de revêtement dans les pays secs et chauds que dans les pays humides.

Pour augmenter la stabilité des murs de revêtement, et pour diminuer leur masse sans les affaiblir, on leur donne ordinairement un talus, c'est-à-dire, on incline plus ou moins le parement extérieur, de manière que le mur diminue progressivement d'épaisseur en s'élevant. Ordinairement la largeur du talus, c'est-à-dire celle de la portion du mur qui sort de la verticale, est $\frac{1}{6}$ de la hauteur. Pour donner encore plus de stabilité aux murs, on a imaginé, outre le talus, des contre-forts.

Si l'on examine le profil (pl. VIII, fig. 14) d'un mur, lequel

*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit résister à des pressions horizontales ou obliques qui tendent à le renverser, on reconnaîtra qu'il résistera d'autant mieux, et que sa stabilité sera d'autant plus inébranlable, que le point *i* de la base *de*, par où passe la ligne verticale, qui part du centre de gravité *g*, sera plus éloigné du point *d*, autour duquel on suppose que le mur tournerait, si la pression qui tend à le renverser était prépondérante.

Il résulte de ce principe :

1°. Qu'un mur dont la face extérieure est un talus, aura, à masse égale, plus de stabilité que celui dont les faces sont à plomb.

2°. Un mur avec contre-forts résisterait plus si ces contre-forts étaient à l'extérieur, que lorsqu'ils sont placés à l'intérieur du côté des terres; car, dans le premier cas, c'est le mur qui forme toujours la plus grande masse, dont la ligne du centre de gravité répond à un plus grand éloignement du point de rotation.

3°. Les contre-forts à queue d'aronde, c'est-à-dire dont la base est un trapèze (pl. V, fig. 3), et dont la partie la moins large est du côté du mur, éloignent le centre de gravité du point de rotation plus que ne le font les contre-forts à base rectangulaire (fig. 1), et plus encore que ceux qui sont plus larges à la racine qu'à la queue (fig. 2); mais ils sont plus susceptibles de se détacher du mur par l'effet des tassemens irréguliers, parce que la queue d'aronde, engagée dans les terres, les empêche de suivre le mouvement du mur.

Les anciens, au lieu d'employer des contre-forts, se sont contentés de former dans les murs des évidemens circulaires à l'intérieur, comme la fig. 8 l'indique.

Vitruve donne une méthode trop compliquée de fortifier les murs de terrasses : cette méthode est indiquée fig. 7.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelle que soit la forme que l'on donne à un mur de revêtement, il est indispensable de pratiquer, à des distances convenables, des ouvertures étroites appelées *barbacanes*, *évents*, ou *chantepleures*, pour donner issue aux eaux qui pénètrent les terres, et qui produiraient des effets très nuisibles si elles ne pouvaient sortir librement.

Murs couverts, mais qui ne sont pas voûtés.

Ces murs exigent moins d'épaisseur que les murs d'enceintes découvertes; car la charpente des toits et des planchers, loin de nuire à leur solidité, sert à les relier. A Paris, les murs d'un grand nombre de maisons ne pourraient se soutenir sans le secours des planchers et des toits qui les retiennent.

Quoique les planchers et les combles remplissent, pour ainsi dire, les fonctions de chaînes, et empêchent les murs de se déverser, il faut observer néanmoins qu'ils exercent contre eux une sorte de poussée, produite par des variations de volume et de forme, dépendant des gonflemens et des contractions que l'humidité et la sécheresse occasionnent. Il est évident que cette poussée sera d'autant plus sensible que les pièces de bois auront plus de longueur, et conséquemment que les murs seront plus écartés les uns des autres.

Nous manquons de données positives pour déterminer avec exactitude les épaisseurs que ces murs doivent avoir; conséquemment, on ne peut se régler que d'après l'autorité des plus habiles constructeurs, et d'après l'examen des édifices où l'on a su réunir la légèreté à la solidité.

Scamozzi, célèbre architecte vénitien, qui, à l'exemple de Palladio, a orné sa patrie d'un grand nombre d'édifices, dont les connaisseurs apprécient la beauté et la solidité, a écrit, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

outre, un bon traité d'architecture, dans lequel il fixe les dimensions des murs ainsi qu'il suit :

Dans un édifice à trois étages, dont la hauteur totale est de 80 pieds, les murs du premier étage doivent avoir une épaisseur égale à la longueur de trois briques, c'est-à-dire un peu plus de 2 pieds; au second étage, elle sera réduite à la longueur de deux briques et demie, ce qui équivaut à la diminution de 4 pouces; et enfin, au troisième étage, cette épaisseur n'aura plus que deux longueurs de briques. Lorsqu'un édifice est décoré de colonnes, Scamozzi veut que l'épaisseur du mur soit moindre que le diamètre des colonnes; suivant les circonstances, elle peut être la moitié, les deux tiers ou les trois quarts de ce diamètre.

A Paris, dans un bâtiment élevé de trois étages, les murs de face ont ordinairement 16 pouces d'épaisseur, s'ils sont en pierre de taille de dureté moyenne, ou en moellons; et s'ils sont formés par des pans de bois *hourdés* et *ravalés* en plâtre, leur épaisseur n'est que de 8 pouces.

Les murs en pierre de taille, de 16 pouces d'épaisseur, coûtent, en terme moyen, 170 fr. la toise; ceux en moellons, d'égale épaisseur, ravalés des deux côtés, et évalués tout vide rabattu, coûtent environ 40 fr. la toise carrée; et enfin, les pans en bois hourdés et ravalés en plâtre des deux côtés reviennent à 58 fr.

Parmi les murs les plus hardis, on doit citer ceux de la nef de Saint-Paul, à Rome, qui ont 94 pieds de hauteur, et leur épaisseur est d'un peu moins de 3 pieds, c'est-à-dire moins que la trente-deuxième partie de leur hauteur. Ces murs sont soutenus, dans un sens, par les toits des nefs latérales, qui font l'office d'arcs-boutans; et de l'autre, ils sont reliés par le toit de la grande nef. L'imitation d'une légèreté aussi grande ne serait pas toujours prudente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« L'examen particulier (dit Rondelet) que j'ai fait d'environ 280 édifices de tous genres, anciens et modernes, situés tant en France qu'en Italie, m'a fait connaître que dans ceux couverts d'un simple toit à deux pentes, composés de fermes d'assemblage en charpente, avec plafond ou sans plafond, et disposés de manière à empêcher l'écartement des murs, la moindre épaisseur des murs, bien construits en moellons ou en briques, est la vingt-quatrième partie de la largeur, dans œuvre, c'est-à-dire prise des nus intérieurs.

» Dans les maisons particulières, divisées en plusieurs étages par des planchers, nous avons trouvé que l'épaisseur des murs de face est depuis 15 pouces jusqu'à 24; celle des murs mitoyens, de 16 à 20 pouces; et l'épaisseur des murs de refend, de 12 à 18.

» Dans les bâtimens plus considérables, les murs de face ont depuis 2 pieds jusqu'à 3 pieds d'épaisseur; les murs mitoyens, de 20 à 24 pouces; et les murs de refend, de 15 à 20 pouces.

» Dans les palais et les grands édifices, dont les rez-de-chaussées sont voûtés, les murs de face ont depuis 4 pieds jusqu'à 9 pieds; et les murs de refend, depuis 2 jusqu'à 6 pieds. »

Rondelet donne trois règles pour déterminer l'épaisseur des murs couverts sans être voûtés. Ces règles sont déduites de l'observation des édifices les plus renommés par leur solidité et par leur belle exécution.

1°. (Pl. VIII, fig. 13.) Dans les bâtimens qui ne sont couverts que d'un simple toit, si les murs sont isolés des deux côtés dans toute leur hauteur, jusque sous les entraits des fermes du comble, on tire la diagonale *bd*, on porte dessus de *b* en *i*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la douzième partie de la hauteur *ab* du mur, ou même la parallèle *il*, qui déterminera l'épaisseur du mur.

2°. Si les murs qui supportent le toit étaient appuyés à une certaine hauteur par d'autres constructions ou par des toits inférieurs, on ajoutera ensemble la hauteur totale et la hauteur partielle du mur, au-dessus de l'appui, et l'on prendra la vingt-quatrième partie du tout; cette vingt-quatrième partie, rapportée sur la diagonale, comme dans le cas précédent, donnera l'épaisseur du mur.

3°. Règle: « Dans les maisons ordinaires, où la hauteur des planchers ne passe pas 12 à 15 pieds, pour trouver l'épaisseur des murs intérieurs ou de refend, il ne faut avoir égard qu'à l'espace qu'ils divisent et au nombre de planchers qu'ils ont à soutenir. Quant aux murs de face, qui sont isolés d'un côté dans toute leur hauteur, il faut avoir égard à l'épaisseur du bâtiment et à son élévation. Ainsi, un corps-de-logis simple exige des murs plus épais qu'un corps-de-logis double de même genre et de même hauteur, parce que leur stabilité est en raison inverse de leur largeur.

» Supposons un corps-de-logis simple, dont l'épaisseur est de 24 pieds, et la hauteur, jusqu'au-dessous du toit, de 36 pieds; on ajoutera, à 24 pieds, 18, moitié de la hauteur, et l'on prendra la vingt-quatrième partie de la somme 42 réduite en pouces, et l'on aura 21 pouces pour la moindre épaisseur de chacun des murs de face, au-dessus du socle, ou première retraite, au rez-de-chaussée. Pour une construction moyenne, on ajoutera un pouce, et 2 pouces pour une construction solide.

» Si c'est un corps-de-logis double, dont l'épaisseur soit de 42 pieds, sur même hauteur que le précédent, on ajoutera ensemble la moitié de la hauteur et de la largeur du bâtiment,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est-à-dire 21 et 18, et l'on prendra la vingt-quatrième partie de la somme réduite en pouces, qui donnera 19 pouces et demi pour l'épaisseur de chacun des murs.

» Pour déterminer l'épaisseur des murs de refend, on ajoutera à l'espace que ces murs doivent diviser, la hauteur de l'étage, et l'on prendra la trente-sixième partie de la somme. On peut ajouter à cette épaisseur un demi-pouce pour chaque étage au-dessus du rez-de-chaussée, si les constructions sont en brique ou en pierre d'une dureté moyenne; et un pouce par étage, si l'on est obligé d'employer des pierres tendres ou des tufs.

» Lorsqu'au lieu d'un mur on substitue un pan de bois de charpente, hourdé en plâtre et ravalé des deux côtés, il suffit de lui donner la moitié de l'épaisseur que devrait avoir, d'après la règle, le mur qu'il remplace.

» Pour les cloisons légères de distribution, qui ne portent pas plancher, leur épaisseur sera le quart de ce que donne la règle.

» Quant aux points d'appui isolés, il faut toujours faire en sorte qu'ils puissent être maintenus d'aplomb par les parties environnantes; la largeur de leur base peut être depuis le douzième jusqu'au huitième de leur hauteur.

» La règle que nous proposons s'accorde fort bien avec tous les bâtimens construits par Palladio, quoique la plupart soient en partie voûtés. »

Murs principaux d'un édifice.

Il faut remarquer, avant tout, qu'un mur de cette espèce n'a point des charges égales à supporter, ni des poussées égales à contre-balancer dans toute son étendue. Ainsi, il faut évidemment que les parties qui ont de plus grandes résistances à exercer soient composées de matières plus fortes, ou ayant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de plus grandes dimensions que les autres ; car, si cela n'était ainsi, il faudrait en conclure que les premières ne sont point assez solides, ou bien que les secondes ont absorbé, en pure perte, une quantité trop grande de matière. Léon-Baptiste Alberti a établi, d'après l'étude des monumens antiques, une distinction lumineuse entre les parties des murs d'un édifice, qui en forment, pour ainsi dire, la carcasse, et où réside leur principale solidité, d'avec celles qui ne font que recouvrir les espaces vides, que les premières laissent à nu. Nous donnerons aux premières le nom de *parties solides*, et aux autres celui de *remplissages*. Alberti veut que les parties solides soient tellement disposées et liées entre elles, que leur force et leur connexion ne puissent être altérées par la suppression des remplissages. Cette distinction nous fournira le moyen d'expliquer l'origine et la convenance de divers membres d'architecture.

On donne, en général, le nom de *chaînes* aux parties solides d'un mur simple, c'est-à-dire aux parties lesquelles, ayant de plus grandes dimensions, ou étant formées de matériaux plus forts, sont destinées à soutenir, à lier et à entrelacer toutes les autres parties. On distingue deux sortes de *chaînes*, les verticales et les horizontales.

Chaînes verticales. (Pl. V, fig. 6.)

Les chaînes verticales sont celles que l'on place aux encognures des murs principaux, aux endroits où les murs de refend viennent se relier avec eux, sous la portée des principales pièces des combles et des planchers, sous la retombée des voûtes, aux pieds-droits des portes et des croisées. Les chaînes ne rempliraient point le but que leur nom même indique, si les pierres, les briques ou les moellons qui les composent,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'étaient disposés de manière à s'entrelacer et à se relier parfaitement avec les matériaux qui forment les remplissages.

Si les chaînes sont de matière plus résistante que le reste du mur, alors elles pourront n'avoir que la même épaisseur, sans aucune saillie; mais quand elles seront de même matière, elles auront alors une saillie plus ou moins forte en dehors. Si la saillie est considérable, les chaînes prennent le nom de *contre-forts*, et ont ordinairement leur face antérieure en talus. Quand les chaînes n'ont que quelques pouces de saillie, on les appelle alors *pilastres*.

Chaînes horizontales. (Pl. V, fig. 6.)

Les chaînes horizontales sont celles que l'on place, 1° à l'endroit où les planchers reposent sur les murs; 2° à la naissance des voûtes, aux endroits où les murs diminuent d'épaisseur, où ils cessent d'être continus, comme au bas des croisées, et sur la partie supérieure des murs. La saillie qu'ont ordinairement les chaînes horizontales devient très utile, parce qu'elle met à l'abri de la pluie les parties inférieures des édifices.

Lorsque cette saillie est considérable, on la soutient de distance en distance par des pierres solides, enclavées dans le mur, auxquelles on a donné les noms de *consoles*, de *modillons*, de *mutules*. Pour diminuer les masses saillantes et pour les rendre moins pesantes, on les taille en biseau; mais cette forme n'étant point agréable, on l'a embellie, en y formant des sinuosités régulières, que l'on a nommées *moulures;* et les chaînes horizontales, ainsi *profilées,* ont pris le nom de *corniches*. On a réservé le nom de *plinthes* aux chaînes à face perpendiculaire et unie; de *tores,* à celles dont la face a été arrondie en forme de demi-cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'office des chaînes horizontales ne se limite point à cacher les diminutions des grosseurs des murs et à abriter les parties inférieures; elles en ont un autre non moins important, désigné par leur nom générique de *chaînes*, qui est non-seulement celui de fixer et de relier par leurs plus grandes pesanteurs, forces ou dimensions, les matériaux moins pesans sur lesquels elles reposent, mais encore de réunir entre elles toutes les chaînes perpendiculaires et de prévenir toute espèce d'écartement.

Si l'on suppose maintenant que les chaînes verticales et horizontales pouvant se soutenir par elles-mêmes, le *remplissage* ait été totalement supprimé, il en résultera des piliers qui soutiendront des *plates-bandes*. Ces piliers, étant arrondis, se changent en colonnes, dont la forme cylindrique donne à ces supports isolés la plus grande solidité et la plus grande élégance possibles. Les parties basses d'une colonne ayant une plus grande charge à supporter que celles du sommet, la convenance exigeait que le diamètre allât en diminuant vers le haut; les colonnes prirent donc une figure légèrement conique.

Pour mettre la colonne à l'abri de la pluie, on a placé au-dessus une pierre saillante, que l'on a ensuite entaillée de différentes manières, et à laquelle on donne le nom de *chapiteau*.

La chaîne horizontale qui réunissait ensemble plusieurs colonnes à leur sommet, fut appelée *architrave*. Lorsque les colonnes supportaient un plancher, les poutres de ce plancher devaient reposer sur *l'architrave;* et on a donné le nom de *frise* à la bande qui marque leur épaisseur. Comme il était nécessaire de défendre toutes ces parties des intempéries des saisons et d'en éloigner la pluie, on a placé au-dessus de la *frise* une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autre chaîne horizontale en saillie; cette chaîne est taillée en *corniche* pour en diminuer la masse et lui donner une plus belle apparence.

La réunion de l'architrave, de la frise et de la corniche, a constitué l'*entablement;* et le nom d'*ordre d'architecture* a été attribué à tout système de colonnes surmontées de leur entablement.

Ordres d'architecture.

Les ordres d'architecture ne doivent point être regardés comme de simples objets de décoration, mais comme parties intégrantes et constitutives des édifices. Il résulte de ce principe que leur emploi est abusif toutes les fois que la solidité ou les convenances ne le requièrent.

Il n'est aucune des parties principales d'un ordre d'architecture qui n'ait une utilité immédiate; ainsi la suppression ou la mutilation de quelques-unes de ces parties est un défaut d'autant plus intolérable qu'il indique presque toujours avec certitude que l'ordre a été employé sans utilité ou à contre-sens.

De tous les élémens qui entrent dans la composition d'un édifice, les ordres sont sans contredit ceux qui satisfont plus agréablement la vue; leur beauté, leur richesse, leur élégance, ont tellement séduit la plupart des architectes, qu'ils ont cru que le principal mérite d'un édifice consistait à être décoré d'un ou de plusieurs ordres d'architecture modelés exactement sur ceux que l'on admire dans les ruines de la Grèce ou de Rome, sans examiner si, là où on les a placés, ils sont utiles, ou bien s'ils n'augmentent pas la dépense en pure perte; s'ils rendent l'édifice plus commode et plus approprié à son but, ou bien s'ils ne sont qu'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

superfétation inutile, peut-être embarrassante ou même nuisible.

Cet emploi désordonné et irréfléchi des ordres d'architecture a souvent placé les architectes dans la pénible nécessité ou de les mutiler d'une manière barbare, ou de manquer à quelques-unes des principales convenances d'un édifice. Aussi voyons-nous un bien petit nombre d'édifices où les ordres d'architecture aient pu conserver toute l'intégrité, toute la régularité, toute la simplicité, qui en font le charme.

Quelle est une des causes principales de l'enchantement que produit, sur l'homme de goût, la vue des édifices admirables du Palladio? C'est que ce grand architecte ayant employé les ordres d'architecture avec discernement et convenance, a pu leur conserver toute leur pureté.

Les jeunes architectes doivent se persuader que les plus belles colonnes, que les entablemens les plus élégans de Rome antique, perdent tout leur prix lorsqu'ils sont appliqués avec inconvenance, et qu'il vaut mieux renoncer à l'emploi des ordres de l'architecture que de les employer sans utilité. Quoi! ne peut-on construire de beaux et de magnifiques édifices sans ordres d'architecture? La façade du palais Farnèse, à Rome, offre certainement un aspect *grandiose*, sans être décorée d'ordres d'architecture; la porte Saint-Denys, à Paris, se trouve dans le même cas.

Les ordres d'architecture résultent, soit de colonnes isolées qui forment des portiques, auxquels on a conservé le nom antique de *péristyle;* soit de colonnes adossées ou insérées dans un mur; ou bien encore de *pilastres* décorés à la similitude des colonnes et pareillement insérées dans un mur: les derniers modes forment ce qu'on appelle *architecture en relief.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 1, pl. VI, indique un péristyle à la manière égyptienne; la fig. 2, un péristyle dorique grec; la fig. 3, un péristyle dorique romain; la fig. 4, un péristyle ionique; la fig. 5, un péristyle corinthien; et enfin la fig. 6, un péristyle formé par des cariatides. La fig. 1, pl. VII, offre un exemple d'architecture en relief: c'est la nouvelle façade du théâtre Valle, à Rome.

Les péristyles produisent un effet bien plus imposant, bien plus magnifique que ne peut le faire l'architecture en relief la plus riche; cet effet grandiose est dû spécialement à la vigueur des ombres qui se forment derrière les colonnes, et qui les détachent, les distinguent nettement et fortement du fond sur lequel elles prédominent et qui conséquemment leur doit être sacrifié. Voilà pourquoi les anciens donnaient beaucoup de profondeur aux péristyles des façades de leurs temples, surtout de ceux qui devaient être vus d'une certaine distance; voilà aussi pourquoi certaines façades modernes, ornées de péristyles très peu profonds, ne produisent point l'effet qu'on pourrait en attendre.

Si l'on compare le dessin d'un édifice à colonnes (vigoureusement ombré) à l'édifice même, on trouvera que le dessin produit presque toujours un effet plus séduisant.

Le même édifice, vu le soir au clair de la lune, plaira davantage que de jour; la raison de ces effets se déduit de ce que nous venons de dire précédemment. Concluons de cela que si les architectes veulent que leurs péristyles aient toute la beauté dont ils sont susceptibles, il faut qu'ils leur donnent la plus grande profondeur possible. Les *loggie* qui décorent les beaux édifices du Palladio jouissent de cette prérogative.

Un péristyle porte avec lui un caractère de grandeur et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

magnificence : ainsi, 1° on ne peut l'adapter avec convenance qu'aux édifices qui doivent avoir les mêmes caractères ; 2° il est ridicule de lui donner de trop petites dimensions : on trouve rarement des péristyles antiques dont les colonnes aient moins de trois pieds de diamètre ; 3° les matériaux devraient être, par leur beauté et par leur bonté, en harmonie avec la richesse et la somptuosité inhérentes au péristyle.

Les colonnes et les architraves de la plupart des péristyles antiques sont en granite ou en marbre, monolithes, ou bien composées d'un petit nombre de blocs. En effet, ne serait-il pas inconvenant d'employer des matériaux de petite dimension, dénués de force et de beauté, pour former le plus riche élément dont l'architecture puisse disposer ? On est obligé de remarquer ce contre-sens blâmable dans tous les édifices de Paris qui sont décorés de péristyles.

Les colonnes de ces péristyles sont formées par une multitude d'assises qui n'ont pas un pied et demi de hauteur, et rarement chacune de ces assises est composée d'un seul bloc. Les architraves, qui, surtout, demandent d'être monolithes, résultent au contraire d'une multitude de *claveaux*, formant une voûte plate, qui ne pourrait se soutenir sans le secours des *crampons*, des *goujons*, des *tirans* de fer employés avec profusion. Peu de temps après leur construction, les pierres prennent des teintes irrégulières, qui produisent, auprès des joints, des raies plus ou moins noires qui décèlent la petitesse des matériaux, lesquels, d'ailleurs, sont très sujets à être dégradés par l'humidité et par la gelée. Ces péristyles présentent donc un contraste frappant de magnificence et de mesquinerie, de richesse et de pauvreté.

Si les architectes veulent faire usage de pérystiles, rien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de mieux ; mais qu'ils pensent auparavant à se procurer les matériaux convenables ! et heureusement la France est assez riche en granites et en marbres pour ne pas les laisser au dépourvu. Mais la dépense sera plus forte, dira-t-on. Quoi ! répondrai-je, vous ne pouvez dépenser, et vous voulez déployer une haute magnificence ! Dans ce cas, écoutez plutôt les sévères conseils de la raison, qui vous dit de proportionner vos productions à vos moyens ; et si vous avez du génie, vous pourrez vous faire honneur, même en renonçant à une somptuosité déplacée.

Mais s'agit-il d'un grand monument qui ait une destination noble et élevée, alors l'objection de la plus grande dépense deviendra d'autant plus frivole que l'architecte pourra presque toujours, en suivant l'exemple des Romains, faire usage, soit dans la construction des murs, soit dans celle des voûtes, de matériaux de petite valeur, qui, employés convenablement, formeront des constructions aussi solides qu'économiques, et qui problablement offriront une compensation plus que suffisante à l'excédant de dépense qu'occasionnera l'approvisionnement du marbre ou du granite pour les colonnes et pour les entablemens.

D'ailleurs, lorsque nous construisons des monumens, ne devons-nous pas avoir en vue la postérité? ne devons-nous pas avoir la noble ambition de transmettre à des siècles éloignés les preuves palpables du haut degré de prospérité et de civilisation à laquelle la France est parvenue? Mais nous ne parviendrons pas à ce but désirable si nous n'adoptons des modes de construction qui puissent donner à nos édifices autant de solidité et d'inaltérabilité qu'en ont eu les monumens antiques, qui, pendant vingt siècles, ont bravé les insultes du temps et des barbares.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les colonnes et les pilastres encaissés, qui forment *l'architecture en relief*, n'ont ni la beauté ni la magnificence des colonnes isolées; mais on peut, en bien des cas, employer ce genre d'architecture avec autant d'utilité que de convenance. Il ne faut cependant jamais perdre de vue que *l'architecture en relief*, de même que les *péristyles*, forme partie intégrante des édifices. Les parties en relief représentent les chaînes horizontales et verticales qui constituent la carcasse de l'édifice, et qui conséquemment doivent être composées de matériaux solides et soigneusement appareillés: le surplus du mur, n'étant qu'un remplissage, pourrait être supprimé sans que la solidité de l'édifice en souffrît notablement. Ainsi l'architecte doit regarder l'architecture en relief non comme un objet de simple décoration, mais d'utilité, et régler ses plans d'après ce principe fondamental.

Ce genre de construction n'exclut point l'emploi des pierres de taille de médiocre dimension et de force moyenne.

Quel que soit l'emploi des ordres d'architecture, il faut leur conserver les formes et les proportions principales qu'on observe dans les beaux monumens grecs et romains, et qui ont été consacrées par l'assentiment unanime des artistes, depuis la renaissance des arts jusqu'à nos jours; les architectes qui ne les ont pas assez respectées n'ont produit que des ouvrages défectueux dont la réputation a disparu avec la mode capricieuse qui les a fait naître.

Les proportions dont nous parlons n'ont été fixées qu'après un long tâtonnement. Les premiers constructeurs, craignant que leurs édifices n'eussent point assez de force, donnèrent aux colonnes une hauteur médiocre en comparaison du diamètre; on essaya ensuite de leur donner progressivement plus de légèreté. C'est ce que nous voyons, en effet, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passant en revue les monumens antiques. La grandeur du diamètre des colonnes, jointe à une petite élévation, est, parmi les indices d'une haute antiquité, un des moins équivoques.

Les colonnes des monumens égyptiens ont une hauteur qui varie depuis 3 diamètres jusqu'à $4\frac{1}{2}$, et ce diamètre varie également depuis 3 pieds jusqu'à $10\frac{1}{2}$. Quelques-unes de ces colonnes sont rondes et lisses; d'autres à pans en forme de faisceaux. Rarement ces colonnes sont de granite, presque toutes celles qui restent sont en blocs de grès disposés par assises.

Les plus anciennes colonnes grecques n'ont que 4 ou 5 diamètres de hauteur. On trouve à Corinthe un très ancien temple dont les colonnes ont la première de ces deux proportions; et on trouve à dix lieues d'Athènes, dans un endroit nommé *Thoricion*, un autre temple qui offre un exemple de la seconde proportion. Les colonnes du temple d'Apollon, à Delos, moins anciennes, ont 6 diamètres de hauteur; celles du fameux Parthenon et du temple de Thésée, à Athènes, ont la même proportion. Ces deux temples magnifiques ont été construits dans le plus beau siècle de la Grèce, du temps de Périclès. Presque tous les entablemens doriques des temples grecs ont plus que le quart de la hauteur de l'ordre. Ces colonnes n'ont point de base et sont la plupart *cannelées*. On a attribué aux cannelures des origines très bizarres. Nous croyons qu'elles dérivent, tout simplement, de la méthode dont les tailleurs de pierre font usage ordinairement pour arrondir les colonnes. Ils tracent sur les deux bases opposées, après les avoir convenablement dressées, deux polygones réguliers qui se correspondent; puis ils tirent, le long du bloc, des lignes droites

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui partent de chacun des angles du polygone inférieur et vont à ceux du polygone supérieur : ces lignes dirigent la taille, de sorte qu'une colonne ébauchée présente, sur sa surface convexe, autant de *facettes* que les polygones ont de côtés; ce sont ces facettes qui ont été transformées en cannelures, en les approfondissant. Les colonnes du temple d'Apollon, à Delos, présentent, au pied et au sommet, des indications de cannelures presque plates, qui ne sont pas continuées le long des colonnes.

Les Romains augmentèrent les proportions de l'ordre dorique; Vitruve assigne à la colonne 7 diamètres de hauteur, et l'ordre dorique du théâtre de Marcellus, qui a servi de modèle à Vignole, a 8 diamètres: ils altérèrent aussi les formes et les proportions des autres parties, comme on le voit en comparant les fig. 2 et 3, pl. VI.

L'ordre ionique, qui prit naissance dans l'Asie mineure, eut, à son origine, des colonnes de 8 diamètres de hauteur; on les rendit ensuite plus élancées, et on leur donna 8 diamètres et demi, et ensuite 9.

Les colonnes de l'ordre corinthien, qui est le plus délicat de tous les ordres, n'eurent d'abord que 8 diamètres et un quart; on leur donna ensuite 10 diamètres, et même 10 diamètres et demi. L'entablement est ordinairement la cinquième partie de la hauteur totale de l'ordre.

Dans un péristyle, il est essentiel que les colonnes ne soient ni trop rapprochées, ni trop éloignées: le premier défaut nuit à la solidité; le second augmente la dépense et gêne la circulation entre les colonnes.

Vitruve admet les cinq espèces *d'entre-colonnemens* désignées dans le tableau suivant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS des ENTRE-COLONNEMENS.	LARGEUR de l'entre-colonnement ou diamètres DES COLONNES.	HAUTEUR des colonnes, exprimée EN DEMI-DIAMÈTRES.
1 Picnostyle.....	1 $\frac{1}{2}$	19
2 Sistyle.....	2	18 $\frac{1}{2}$
3 Eustyle.....	2 $\frac{1}{2}$ ou 2 $\frac{1}{4}$	17
4 Dyastyle.....	3	17
5 Aréostyle.....	4	16

L'*aréostyle* n'était admis que pour les ordres les plus simples, dont les architraves étaient formées par des poutres en bois.

Nous ne donnerons point de détails plus circonstanciés sur les proportions secondaires des différens ordres. Cette connaissance, ainsi que celle des formes affectées aux chapiteaux, aux bases, aux piédestaux, aux moulures et aux ornemens des entablemens, ne s'acquiert convenablement que par la pratique du dessin. D'ailleurs, le lecteur pourra trouver, sur ce sujet, toutes les notions qu'il croira pouvoir lui être utiles, en consultant les ouvrages de Vitruve, Léon-Baptiste Alberti, Philibert Delorme, Bulland, Serlio, Vignole, Palladio, Scamozzi, Blondel, Desgodets, Roland-Freart de Cambray et Milizia.

Enduits.

Les murs qui ne sont point en pierre de taille doivent être revêtus, ou en lames de marbre (pag. 26), comme le pratiquaient les anciens dans les édifices magnifiques, et comme on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en voit un bel exemple au Musée royal de Paris. Les murs des édifices moins somptueux sont couverts d'un enduit de mortier ou de stuc.

Les anciens ne négligeaient rien pour donner aux enduits des murs toute la solidité et la belle apparence dont ils pouvaient être susceptibles. Vitruve (liv. VII, chap. III) nous donne des détails intéressans sur les procédés qu'ils mirent en usage pour arriver à ce but. En comparant sa description avec les restes antiques d'enduits que l'on voit encore dans les thermes de Titus, de Dioclétien et de Caracalla, à la ville Adrienne et dans plusieurs autres ruines antiques, il résulte ce qui suit :

1°. Ces enduits ont tous une forte épaisseur, qui varie depuis 2 jusqu'à 5 pouces.

2°. Ils ont été formés de différentes couches, dont l'épaisseur diminuait successivement.

3°. Souvent le nombre de ces couches arrivait jusqu'à sept.

4°. La première couche formait à elle seule plus de la moitié de l'épaisseur totale de l'enduit; c'était un *crépi* très dur, en mortier grossier, dans lequel on enfonçait des morceaux de briques à plat ou des débris de marbre. Ce crépi était soigneusement dressé à la règle et au cordeau, afin que l'enduit pût être bien droit dans sa longueur, d'aplomb dans sa hauteur, et que les angles fussent exacts.

5°. On appliquait successivement sur le crépi trois couches en mortier plus fin; la première n'avait guère que la moitié de l'épaisseur du crépi, et les deux autres devenaient progressivement plus légères. Toutes ces couches étaient fortement battues et comprimées.

6°. Trois autres couches de stuc, formées avec du marbre pulvérisé, complétaient l'enduit. Le stuc de la première

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couche était fait avec de la poudre de marbre grossière, la seconde avec une poudre de moyenne finesse, et la troisième avec de la poudre très fine. Chacune de ces couches n'était posée qu'après que la précédente avait été bien battue.

7°. On appliquait des couleurs sur l'enduit encore frais; et enfin on lui donnait, par le frottement, le poli et l'éclat des beaux marbres.

Les enduits ainsi formés, dit Vitruve, conservent longtemps leur éclat et leur fermeté : étant formés de couches épaisses en mortier de sable et de stuc, ils ont la force convenable pour résister à la massivation et au polissage; et non-seulement ils deviennent brillans, mais ils réfléchissent les images des spectateurs.

Au contraire, ajoute Vitruve, si on ne compose les enduits que d'une couche de mortier et d'une couche de stuc, ils ne peuvent pas recevoir le brillant et le poli de ceux qui sont épais, et ils sont, en outre, sujets à se fendre et à se détruire promptement.

Suivant le même auteur, les stucateurs grecs mettaient en usage, non-seulement les procédés que nous venons d'indiquer, mais ils soignaient encore plus la confection des mortiers pour les enduits; car ils ne s'en servaient qu'après les avoir fait piler vigoureusement par des hommes armés de pilons en bois : aussi leurs enduits acquéraient une telle dureté, qu'on les détachait des vieilles murailles pour en faire des tables.

La bonté de la méthode antique décrite par Vitruve, est attestée par la belle conservation des enduits antiques que l'on admire à Rome et ailleurs, dont les fragmens sont susceptibles de recevoir un poli qui leur donne l'apparence du granite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons déjà dit (pag. 55) que les anciens ne se servaient, pour leurs enduits, que de chaux éteinte depuis long-temps et arrivée à un degré parfait de macération.

Les anciens faisaient un grand usage de stuc pour former des moulures et des ornemens de toute espèce sur les murs et sur les voûtes. Les ornemens de l'ordre extérieur d'architecture du joli temple que l'on a cru être celui de la Fortune virile, sont en stuc et encore assez bien conservés, malgré qu'ils aient été exposés pendant plus de 19 siècles à toutes les intempéries. Au Colisée, quelques voûtes du rez-de-chaussée présentent de beaux restes d'une décoration très délicate en stuc. Parmi les ruines imposantes du temple de la Paix, on remarque un fragment de la grande voûte décoré de rinceaux et d'autres ornemens en stuc. Le palais des empereurs, les thermes de Titus, plusieurs tombeaux antiques, offrent des restes remarquables de décorations de ce genre.

Le chapitre IV du VII^e^ livre de Vitruve indique comment on formait les enduits dans les lieux humides. Premièrement, au rez-de-chaussée, on faisait les deux premières couches en ciment de tuileaux au lieu de mortier, jusqu'à environ 3 pieds au-dessus du sol, pour que cette partie pût résister à l'humidité.

Mais si quelque mur devait être exposé continuellement à l'humidité, on avait soin de construire au-devant un contre-mur, distant autant que l'emplacement le permettait. Entre le mur et le contre-mur était un canal plus bas que le pavé, avec des issues dans un lieu ouvert. On laissait aussi, en construisant le contre-mur, des ouvertures dans la hauteur, pour donner passage à l'air; car si l'humidité n'avait pu s'écouler par le bas et s'évaporer par le haut, elle aurait pénétré le nouveau mur comme l'ancien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le contre-mur étant fait, on posait dessus les deux premières couches, avec du ciment de tuileaux, et le surplus à l'ordinaire.

Quand la localité ne permettait point la construction d'un contre-mur, on creusait, au pied du mur simple, un canal et des issues pour favoriser la sortie de l'eau; le canal était couvert de grandes briques. On formait ensuite, dans l'épaisseur du mur, des tuyaux verticaux, dont le bas aboutissait au canal. Ces tuyaux étaient enduits intérieurement de poix, et fermés en dehors par des tuiles posées de champ l'une sur l'autre. On blanchissait les tuiles, ainsi posées, avec du lait de chaux, pour faciliter l'adhésion de l'enduit, lequel, suivant Vitruve, ne s'y serait point attaché sans cette précaution. Il est inutile de dire que la partie supérieure des tuyaux devait correspondre à un lieu ouvert, pour que l'humidité pût s'évaporer librement.

Les anciens, pour mieux garantir les enduits de l'humidité, les recouvraient de matières grasses, appliquées bouillantes, ou bien d'une couche de matières mélangées, nommée *malthe*, dont parle Pline au XXIV^e^ chap. du XXXVI^e^ livre. « La malthe se fait, dit-il, avec de la chaux vive, éteinte dans le vin, à laquelle on ajoute du saindoux et du suc de figues. Cette composition donne à la surface des enduits une ténacité et une dureté plus fortes que celles des pierres. Avant d'appliquer la malthe, il faut frotter le mur avec de l'huile. » On a conservé l'usage, en Italie, de frotter quelques espèces d'enduits avec de l'huile de lin bouillante. Ce procédé ne pourrait-il pas être adopté avec succès en France, pour défendre les pierres de taille du contact immédiat de l'humidité? et n'est-il pas probable que par ce moyen, qu'on ne doit point confondre avec la simple peinture à l'huile; n'est-il pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

probable, dis-je, que les pierres se conserveraient mieux et ne prendraient point aussi promptement ces teintes irrégulièrement obscures qui affectent d'une manière désagréable les façades des plus beaux monumens de Paris?

Voici quelques précautions qui ne doivent pas être négligées, si l'on se propose de former des enduits durables et de belle apparence.

S'il s'agit de crépir une muraille en moellons tendres, il faut observer de ne pas appliquer l'enduit avant que les moellons n'aient éprouvé leur entière dessiccation; car, sans cela, l'eau qu'ils rejetteront détachera l'enduit, le fendra et le fera tomber par éclats. Pour éviter cet inconvénient, on ne doit crépir une muraille aussitôt qu'elle est faite, que lorsqu'elle a été construite avec des moellons tirés de la carrière depuis un an ou 18 mois; mais quand l'on est obligé d'employer la pierre sortant de la carrière, il ne faut former l'enduit qu'au bout d'un an.

Si l'on veut rejointoyer et recrépir un vieux mur, on en regrattera les joints avec un outil de fer fait exprès, et dont la pointe sera aiguë, afin de pouvoir les fouiller plus profondément, et on achèvera de bien nettoyer le mur avec un balai, avant d'y appliquer le mortier.

Si le mur était détérioré, il faudrait non-seulement arracher des joints l'ancien mortier, mais aussi tous les moellons et petites pierres qui ne seront plus adhérentes; et après en avoir ôté toutes les ordures avec le balai, ou avec une grosse brosse, on y jettera de l'eau; ensuite on y lancera du mortier, en assez grande quantité pour pouvoir y larder des briques ou des moellons plus ou moins gros, suivant la grandeur de la brèche, de façon qu'en les frappant avec le marteau pour les y enfoncer, le mortier pénètre jusqu'au fond des plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petites cavités. Les brèches une fois bien remplies, on appliquera l'enduit sur le tout.

En Italie, on fait un grand usage de stuc pour l'intérieur des églises et des appartemens. Il serait à désirer que ce genre de décoration noble et élégant fût plus répandu en France. M. Giocondo Albertolli, qui a contribué à le perfectionner, a publié les dessins des plus beaux plafonds et panneaux en stuc qu'il a exécutés.

Ordinairement le stuc est composé d'un mélange de deux tiers de chaux de marbre, ou de pierre dure, et d'un tiers de marbre pilé et passé au tamis. Avant d'appliquer l'enduit en stuc, il faut construire, en bonne maçonnerie, le noyau des colonnes, des entablemens, des statues et des ornemens saillans qui doivent en être revêtus.

Une première couche de stuc, formée avec du marbre grossièrement pilé, couvre ce noyau. Quand cette couche est bien sèche, on en superpose une seconde, dont le marbre doit être pilé très fin. Il faut avoir soin, pendant le travail, d'asperger souvent le stuc, pour qu'on puisse l'étendre et le façonner aisément.

S'agit-il de former des rinceaux, des feuillages, ou d'autres ornemens de cette espèce, on prépare des moules en bois sculptés, qui, après avoir été saupoudrés de marbre pilé, sont appliqués sur le stuc encore mou, et frappés à coups de maillet. Le moule dont on s'est servi étant enlevé, on mouille la surface du stuc, pour pouvoir le perfectionner et le polir.

Dans les lieux humides, la maçonnerie qui forme les noyaux doit être faite avec de la bonne chaux hydraulique; dans ce cas, le stuc sera composé de huit parties de chaux de marbre, d'une partie de soufre, et de deux parties de pierre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ponce pulvérisée, le tout soigneusement mélangé dans une décoction de guimauve et de fruit d'orme. On remue fréquemment le mélange pendant huit ou dix jours ; avant d'en faire usage, on y ajoute du plâtre pilé fin et encore chaud.

On fabrique avec diverses substances des ornemens moulés plus ou moins solides et propres à être appliqués tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des édifices. Ceux en carton pilé sont très légers, mais ils ne peuvent servir que dans les lieux bien abrités. Ceux en terre cuite sont plus solides, surtout lorsqu'ils ont été fabriqués avec soin. On voit en Italie, sur les façades de quelques églises de moyen âge et sur des édifices gothiques, des rinceaux, des oves et d'autres ornemens moulés sur des briques, qui se sont très bien conservés.

Depuis quelques années la manufacture de Sarrebourg fournit des ornemens moulés, d'un bon choix, qu'on emploie fréquemment à Paris pour la décoration des appartemens et des boutiques. Ces ornemens réunissent la solidité à une exécution soignée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

Des voûtes.

Le nom *voûte* désigne, en général, une construction destinée à couvrir un espace; elle est composée de plusieurs pièces disposées et réunies de manière à se soutenir mutuellement.

La plus simple de toutes les voûtes est celle des Égyptiens (pl. V, fig. 9), qui est formée, dans le sens de sa largeur, par deux seules pierres qui s'appuient l'une contre l'autre, et qui forment un angle plus ou moins ouvert. On conçoit combien cette construction deviendrait coûteuse et embarrassante, pour peu que l'espace à couvrir eût de largeur. Néanmoins les anciens Romains en ont fait une application utile à la couverture de plusieurs égouts qui existent encore en très bon état à Rome. De grandes briques, appuyées angulairement l'une contre l'autre, en forment la voûte, qui a de 2 pieds à 2 pieds et demi d'ouverture; quelques-uns de ces égouts ont été récemment découverts dans l'enceinte et autour du Colisée. On pourrait encore, en des cas analogues, faire usage, avec utilité et économie, de ce mode de construction très simple.

Si (pl. V, fig. 11, 12) l'on donne une saillie progressive aux pierres qui composent les dernières assises des murs environnant un espace de petite étendue, l'ouverture du milieu sera diminuée, et pourra être couverte d'une pierre d'autant moins grande que la saillie sera plus forte. Quelques tombeaux antiques présentent cette disposition, qui leur donne exté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieurement une forme pyramidale appropriée à cette sorte de monumens. Le mode de construction que nous venons d'indiquer est le principe d'où dérive la forme originaire des soffites (pl. IX, fig. 10, 11) qui couvrent les péristyles à colonnes isolées.

Trois pierres égales, disposées ainsi que la figure 10, pl. V, l'indique, forment une autre espèce de voûte fort simple, et chacune d'elles présente, dans le sens de sa coupe verticale, la forme d'un quadrilatère dont le côté inférieur *a* est moins long que le supérieur *b*; cette différence augmente au fur et à mesure que la voûte devient plus élevée.

Les pierres BAB qui forment la voûte se nomment *voussoirs*. Le *voussoir* A du milieu prend le nom de *clef* de la voûte, et les supports CC celui de *pieds-droits*.

La *clef* A, soumise à l'action de sa pesanteur, presse continuellement les pierres latérales BB, et tend à les écarter avec une force proportionnelle à sa masse; celles-ci réagissent à leur tour sur les supports CC, et s'efforcent à les renverser ou à les repousser en arrière: on appelle *poussée* cette pression latérale des *voussoirs* contre les *pieds-droits*.

Par la simple inspection des lignes ponctuées de la fig. 10, on distingue,

1°. Que si les voussoirs BAB formaient entre eux deux angles droits *dd*, la poussée, c'est-à-dire la pression oblique sur les supports CC, serait nulle. Aussitôt que les voussoirs latéraux s'inclinent et forment des angles obtus avec la clef A, la poussée commence, et elle augmente progressivement au fur et à mesure que les angles deviennent de plus en plus obtus, et que la voûte, en s'abaissant, s'approche de la corde *l*.

2°. Plus la voûte aura d'épaisseur et de poids, plus la poussée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sera forte; mais, d'un autre côté, si les voussoirs ont une épaisseur trop petite pour empêcher la rupture par leur propre poids, alors la voûte s'écroulera : il est très important de donner aux voûtes une épaisseur suffisante, en évitant d'ailleurs le superflu. La poussée dépend donc de deux élémens principaux, savoir de la forme plus ou moins élevée, de la voûte, et de son poids.

La résistance ou stabilité des pieds-droits CC augmente en proportion de leur poids et de la largeur de leur base, et diminue au contraire au fur et à mesure que leur hauteur augmente ; car cette hauteur sert de bras de levier à la poussée, pour l'aider à culbuter les supports autour des points RR, tandis que leur masse s'y oppose avec d'autant plus de vigueur que la ligne verticale qui part du centre de gravité g, coupe la base en un point p plus éloigné de R.

Nous venons de dire que la hauteur du mur diminue sa résistance à la poussée; mais cette hauteur ne doit être prise que depuis la naissance vv de la voûte, car la partie qui la surmonte, au lieu de diminuer la stabilité des supports, l'augmente. Il est essentiel de ne pas perdre de vue cette observation. Les architectes qui construisirent la plupart des édifices gothiques, en ont bien compris l'importance, puisque très souvent ils ont élevé des espèces d'obélisques au-dessus des supports des voûtes. Ces obélisques sont communément regardés comme des objets de pure décoration, tandis qu'en effet ils coopèrent fructueusement à la solidité.

Les principes élémentaires que nous venons d'exposer sont applicables à une voûte composée de 5, de 7, de 9, et d'un nombre quelconque de voussoirs. Au fur et à mesure que ce nombre augmente, le demi-polygone régulier formé par la face inférieure des voussoirs, s'approche de plus en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus du demi-cercle, avec lequel enfin il parvient à se confondre.

On distingue la partie interne ou inférieure d'une voûte, de sa partie supérieure ou externe, en nommant celle-ci *extrados*, et la première *intrados* ou *douelle*.

Pour construire toute espèce de voûte, il faut nécessairement former une armature en charpente, dont la partie supérieure ait la courbure que la voûte doit avoir. Cette armature se nomme *cintre*. On dit qu'une voûte est à *plein-cintre* lorsque sa courbure est celle d'une demi-circonférence; mais si elle a une courbure qui donne à la voûte une élévation plus grande, alors elle prend le nom de *voûte surhaussée ;* et si, au contraire, cette courbure produit une hauteur moindre que celle demi-circulaire, la voûte s'appelle *surbaissée*. Si la voûte présentait à sa partie interne ou intrados une surface plane sans courbure, elle se nommerait *voûte plate*. Ainsi les voûtes, quant à la figure que présente une coupe verticale et perpendiculaire à l'intrados, sont de quatre genres : savoir, 1° à plein-cintre, 2° surhaussées, 3° surbaissées, 4° plates.

Quant à la forme du développement entier des voûtes, elles se distinguent en quatre autres genres, que nous allons définir : savoir, 1° les simples, 2° les composées, 3° les incomplètes, 4° les irrégulières.

PREMIER GENRE.

Voûtes simples.

Ce sont, en général, celles dont la superficie de l'intrados dérive, par supposition, du mouvement régulier de la figure du cintre qui laisserait dans l'espace les traces de son passage. Ainsi,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par exemple, si un cintre demi-circulaire se meut en ligne droite en s'appuyant sur deux murs parallèles, il formera une voûte demi-cylindrique, que l'on nomme *voûte à berceau;* ce nom se donne aussi à une voûte elliptique ou formée par toute autre courbe qui la rende plus ou moins surhaussée, ou plus ou moins surbaissée. Si le cintre, au lieu de se mouvoir sur deux murs parallèles en ligne droite, se mouvait sur deux murs circulaires ou elliptiques, ou ayant une autre courbure, mais toujours équidistans entre eux, il en résultera une voûte *annulaire.* Si le cintre tournait autour de son axe vertical, sans éprouver aucune autre translation, il en résulterait une espèce de calotte à base circulaire, que l'on appelle communément *cul-de-four.*

Les voûtes simples peuvent donc se classer en trois espèces: 1° *voûtes à berceau,* c'est-à-dire voûtes dont l'axe longitudinal est une droite, quelle que soit d'ailleurs la courbure du cintre, pourvu qu'elle soit symétrique. Les fig. 6 et 7, pl. IX, indiquent une voûte de cette espèce.

2°. *Voûtes annulaires,* celles dont l'axe longitudinal n'est pas droit, mais forme un cercle, une ellipse ou une autre courbe rentrante et continue. Cette espèce de voûte est indiquée en AA, fig. 1, 2, pl. VIII.

3°. *Voûtes à cul-de-four,* c'est-à-dire à calotte et à base circulaire : cette voûte peut être à plein cintre, surhaussée ou surbaissée. Lorsqu'elle est à plein cintre, on la nomme *voûte sphérique.*

4°. Parmi les voûtes simples se place aussi une calotte ou cul-de-four, qui couvrirait une enceinte courbe et alongée. La courbure de cette voûte est une *demi-ellipsoïde,* engendrée par la rotation du cintre autour de son grand axe horizontal. On l'appelle *voûte ellipsoïde* ou *ovale.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME GENRE.

Voûtes composées.

Les *voûtes composées* sont, en général, celles formées par la compénétration réciproque de plusieurs portions de voûtes simples de différentes dimensions ou de différentes formes.

Le cas le plus simple qui se présente d'abord est celui d'un espace carré que l'on voudrait couvrir par une voûte formée par la compénétration de deux berceaux d'égale forme et dont la longueur serait égale à celle des murs de l'enceinte.

Les berceaux peuvent se couper et se compénétrer de deux manières différentes : 1° en faisant correspondre chacune de leurs ouvertures sur un des murs; 2° en superposant, au contraire, leurs côtés latéraux aux murs susdits.

Voûtes d'arête. (Pl. VIII, fig. 18 et 19.)

Dans le premier cas, la voûte composée qui en résultera, formera quatre arêtes saillantes placées suivant la direction des deux diagonales du carré, et se nommera conséquemment *voûte d'arête;* telles sont la plupart des voûtes gothiques.

Voûtes à arcs de cloître. (Pl. VIII, fig. 15, 16 et 17.)

Dans le second cas, les arêtes, au lieu d'être saillantes, seront au contraire rentrantes, et la voûte prend le nom de *voûte à arc de cloître.*

Voûtes à lunettes. (Pl. VIII, fig. 9.)

Les voûtes à berceau où les annulaires sont souvent coupées perpendiculairement à leur axe longitudinal par un certain nombre de voûtes à berceau de plus petites dimensions, lesquelles appuient toutes leur ouverture sur le mur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui sert de support à la grande voûte. (Fig. 9, pl. VIII.) On donne le nom de *lunettes* à ces portions de petites voûte qui coupent la grande, et qui en sont réciproquement coupées. Il résulte de ces coupures mutuelles des arêtes dont la forme est une courbe à double courbure, que Frezier a nommée *cycloïmbre*, et qui ne peut être tracée que sur une surface courbe semblable à celle du grand ou du petit berceau; et cela si l'axe de la lunette est horizontal, et si la ligne dusommet de sa surface interne l'est aussi : mais si l'on incline cette ligne de manière qu'elle devienne tangente à la courbure interne de la grande voûte, les arêtes de la lunette seront formées par les côtés égaux d'un angle décrit sur la courbe de la voûte, dont le point supérieur sera plus ou moins éloigné du sommet de la grande voûte, suivant le rapport de grandeur qui passera entre celle-ci et la lunette. Les architectes de l'École française ont généralement préféré la première forme ; les anciens et les grands maîtres de l'École d'Italie ont presque toujours employé la seconde, excepté dans le cas où les lunettes sont très petites en proportion de la voûte.

La première forme produit un effet désagréable à la vue, si l'arête courbe n'est tracée avec une grande précision ; elle donne à la voûte un aspect lourd, et occasionne une plus grande poussée, en augmentant le poids de la partie qui la cause.

Quelques architectes ont fait usage de deux autres méthodes qui sont encore plus défectueuses. L'une consiste à élever la ligne de naissance des lunettes autant qu'il le faut pour que la ligne de leur sommet, étant horizontale, se trouve au niveau de celui de la grande voûte, et à couper la partie inférieure de celle-ci d'à plomb sous la ligne de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

naissance des lunettes. Cette méthode, qui doit être proscrite en bonne architecture, a le défaut de diminuer la force de la grande voûte dans la partie coupée d'à plomb, et de produire une arête de lunette qui forme un jarret désagréable au point ou se réunit la partie d'à plomb à la partie supérieure.

La troisième méthode, qui participe des défauts de celle-ci et de la première indiquée ci-dessus, consiste à élever d'une part la ligne de naissance des lunettes au-dessus de celle de la grande voûte, et à abaisser d'autre part leur sommet au-dessous du sien.

Voûtes à base polygone.

S'il s'agit de couvrir un plan polygone (pl. VIII, fig. 4 et 6) par une voûte, on peut lui donner deux formes différentes. La première se nomme *voûte polygone à arêtes rentrantes*, et correspond aux formes des arcs à cloître. Elle est disposée ainsi qu'il suit (pl. VIII, fig. 3, 4) : à chacune des diagonales du polygone correspondent les arcs qui indiquent les arêtes rentrantes que doit avoir la voûte; deux arêtes consécutives, qui se croisent au point central, déterminent la courbure que doit avoir la surface angulaire, qui a pour base un des côtés du polygone, et pour sommet celui de l'angle formé par l'intersection des deux arêtes. La réunion de toutes les surfaces angulaires, dont le nombre doit égaler celui des côtés du polygone, forme une sorte de calotte à base polygonale, qui ne diffère d'un *cul-de-four*, proprement dit, que parce que celui-ci, ayant pour base une courbe circulaire ou elliptique, ne présente aucune arête, et que l'autre, au contraire, présente autant d'arêtes rentrantes que le polygone fondamental a d'angles.

La seconde espèce de voûtes polygones a les arêtes saillantes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et est formée (pl. VIII, fig. 5, 6) par autant de lunettes que le polygone a de côtés. L'ouverture de chacune d'elles correspond à un des côtés ; leurs arêtes sont indiquées par les arcs qui correspondent aux diagonales du polygone, et elles se croisent au sommet de la voûte.

Coupoles ou dômes.

On ne doit point confondre les voûtes à culs-de-four simples avec les *coupoles* (pl. VIII, fig. 7, 8) ; car on nomme ainsi une portion d'édifice circulaire, ou polygone voûté, que l'on superpose à des murs ou à des arcs disposés sur un plan carré à pans coupés : telles sont à Paris la coupole de Sainte-Geneviève et celle des Invalides. Ainsi le signe caractéristique des *coupoles* ou *dômes* est leur superposition à des supports dont le plan présente une forme d'une autre nature que la base de la coupole, tandis que les culs-de-four sont de simples voûtes, dont la base a la même forme que le mur, à partir de ses fondemens jusqu'à la naissance de la voûte.

La partie cylindrique C d'une coupole (fig. 7) se nomme *tambour ;* les parties courbes BB, qui se trouvent comprises entre le tambour et les arcs AA qui réunissent les supports de la coupole, se nomment *pendentifs.*

TROISIÈME GENRE.

Voûtes irrégulières.

Les voûtes irrégulières sont celles dont l'axe longitudinal est incliné ou par rapport aux faces antérieure et postérieure, ou par rapport à une ligne horizontale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voûtes biaises.

Une voûte (pl. IX, fig. 10) de la première espèce que nous venons de désigner, se nomme *biaise*. Il est évident que l'on ne doit en faire usage que quand la nécessité le requiert.

Descentes.

On nomme ainsi une voûte à berceau (pl. IX, fig. 11) dont l'arc longitudinal est incliné à l'horizon : telles sont les voûtes que l'on pratique au-dessus de escaliers.

QUATRIÈME GENRE.

Voûtes imparfaites et mutilées.

Voussures et arrière-voussures.

On appelle en général *voussure* une surface courbe qui sert à raccorder deux ou plusieurs autres surfaces droites ou courbes.

Si une porte ou une fenêtre (pl. VIII, fig. 10, 11) a une ouverture plus grande par derrière que par devant, ce que l'on désigne par le mot de *embrasement* ou *ébrasement ;* et si en outre la partie supérieure de la même porte ou de la même fenêtre a une forme différente à l'intérieur qu'à l'extérieur, on appelle *arrière-voussure* la surface BB à double courbure, qui réunit et raccorde ces deux parties. On distingue diverses espèces d'arrière-voussures, telles que l'arrière-voussure dite de *Marseille*, de *Montpellier*, celle de *Saint-Antoine* et plusieurs autres. Mais comme ces formes imparfaites ne se voient point dans les monumens antiques, ni dans les œuvres célèbres des grands maîtres italiens, et que leur utilité se borne à exercer la sagacité des amateurs de Stéréotomie, nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

renvoyons les personnes qui veulent les connaître, aux ouvrages de Frezier, du père Derand et de Delarue.

Encorbellement.

L'encorbellement est une portion de voûte qui forme une saillie plus ou moins grande au-delà du nu du mur, qui n'est soutenue que par l'appareil des pierres qui la composent. On peut voir à Paris des encorbellemens de ce genre au quai de la Ferraille et au quai de l'Horloge.

Trompes.

Les trompes sont une invention des temps barbares, que les *stéréotomes* ont accueillie, parce qu'elle leur offre quelques problèmes plus ou moins compliqués à résoudre; mais les architectes qui ont du discernement et du goût les rejettent.

On donne le nom de *trompe* à une espèce de voûte imparfaite en saillie (pl. IX, fig. 2, 3), destinée à supporter une portion du mur qui s'avance en dehors. Si cette voûte est placée dans l'angle de deux murs (fig. 3), et si le mur qu'elle supporte est droit, sa forme sera conique. La pierre du sommet de cette portion de cône se nomme *trompillon*.

La forme des trompes varie suivant l'emplacement qu'elles occupent, soit sur la face d'un mur, soit dans un angle rentrant ou saillant, plus ou moins ouvert, et enfin suivant la forme de la tourelle qu'elles supportent. Quelle que soit d'ailleurs la configuration d'une trompe, il faut la regarder comme une construction irrégulière, qui ne doit être permise qu'en cas de nécessité, pour éviter des défauts plus graves, et seulement quand on ne peut les éluder par des moyens plus simples. On trouvera dans Frezier les détails de Stéréotomie qui les concernent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arcs rampans.

Les arcs rampans sont des portions de voûtes à berceau (pl. IX, fig. 6) dont on se sert utilement pour former des ouvertures et des évidemens sous des parties de construction en pentes, telles que des toits, des rampes d'escaliers. Dans les édifices gothiques on voit un grand nombre d'arcs rampans, qui contre-buttent les points d'appui des voûtes d'arêtes; dans ce dernier cas, on les nomme aussi *arcs-boutans*.

Les gradins des cirques antiques étaient soutenus par des voûtes à arc rampant. On observe au cirque de Caracalla, à Rome, une particularité digne de remarque, c'est que la maçonnerie que supporte le dos de la voûte, pour être disposée à recevoir les gradins, est formée par des cruches de terre cuite, couchées sur le côté et enclavées l'une dans l'autre. Par ce moyen ingénieux, on est parvenu à alléger singulièrement la masse de la maçonnerie, en lui conservant le volume qu'elle doit avoir.

Chacune des diverses espèces de voûtes que nous venons de parcourir a plusieurs variétés qu'il serait trop long d'énumérer.

Voyons maintenant les divers modes de construction des voûtes en général, par rapport aux matériaux; puis nous parlerons des dimensions et des formes qui conviennent aux principales espèces.

Modes de construction des voûtes en général.

Les voûtes peuvent être construites en pierres de taille, en moellons, en briques, en poterie creuse, et en béton.

Les pierres de taille devraient être réservées pour les voûtes qui ont de grandes charges à supporter, et pour celles qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doivent éprouver des ébranlemens ou bien des frottemens considérables; mais celles qui n'ont à soutenir que leur poids, qui sont à couvert et hors d'atteinte, doivent être construites avec des matériaux plus légers, moins volumineux, moins coûteux, plus faciles à préparer et à mettre en œuvre.

Voûtes en pierres de taille.

Tous les constructeurs admettent, pour principe général de l'appareil des voûtes, que les joints des pierres soient perpendiculaires au cintre. Ainsi, si la voûte est circulaire, ils devront tous être dirigés vers le centre du cercle.

Les façades antérieure et postérieure des voûtes, lorsqu'elles sont visibles, comme aux ponts, se nomment *têtes*, et quand elles sont perpendiculaires à l'axe longitudinal de la voûte, on leur donne en outre le nom d'*arcs-droits*.

Dans les voûtes en pierres de taille, le nombre des voussoirs reste ordinairement déterminé par l'épaisseur des bans de carrière et par la qualité des pierres que l'on doit employer.

Les voussoirs des têtes doivent être appareillés de manière qu'ils puissent se raccorder convenablement avec les assises horizontales. Cette condition s'obtient au moyen de *crossettes*. On appelle ainsi les saillies horizontales AA (pl. IX, fig. 9), que font latéralement les voussoirs à la rencontre des assises, de sorte que ces mêmes saillies font partie de l'assise à laquelle chacune d'elles correspond.

Les crossettes peuvent être employées, sans inconvénient, depuis la naissance de la voûte jusqu'à une certaine hauteur; mais on doit éviter d'en faire usage dans les parties supérieures des voûtes de grandes dimensions, à cause des fractures qu'elles pourraient occasionner par l'effet du tassement, après le décintrement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'économie exige souvent que les pierres de taille soient employées seulement aux arcs des têtes et à quelques autres arcs intermédiaires qui font l'office de chaînes, et que le surplus soit formé de matériaux moins volumineux et moins dispendieux : un grand nombre de ponts sont ainsi construits.

Les *nervures* qui forment la carcasse des voûtes gothiques, sont en pierres de taille; mais les intervalles qu'elles laissent entre elles sont remplis d'une maçonnerie extrêmement légère, qui ne sert que de remplissage.

Les anciens appareillaient les voûtes en pierres de taille avec un soin extrême. Les joints étant parfaitement dressés, ils pouvaient poser les voussoirs sans mortier ni cales; les surfaces en contact coïncidaient exactement, et les lignes de ces joints étaient à peine visibles. Cela ne leur suffisait point; ils voulaient, en outre, que les voussoirs fussent tellement reliés les uns avec les autres, qu'ils ne formassent, pour ainsi dire, qu'une seule masse. Quelquefois ils scellaient dans les joints des goujons en fer, ou des os, comme on le voit indiqué pl. IX, fig. 25; ou bien (fig. 26) ils creusaient des cavités hémisphériques pour insérer entre ces joints des cailloux arrondis. Souvent (fig. 27) ils formaient sur une des faces latérales de chaque voussoir, un tenon *t* saillant, et sur l'autre, une mortaise ou cavité de même forme, de sorte que le tenon de ce voussoir entrait dans la cavité de celui contre lequel il s'appuyait.

Les voussoirs des arcades du Colisée, à Rome, ont les tenons et les mortaises dont nous venons de parler. Lorsque la voûte avait une certaine longueur, tous les voussoirs d'un même rang étaient réunis par des crampons.

Ainsi, par ces moyens, la poussée des voûtes était presqu'entièrement supprimée. On remarque dans les construc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions arabes, que pour obtenir le même but, les joints des voussoirs sont dentelés.

Si l'on compare les voûtes antiques construites comme nous l'avons indiqué, avec celles que l'on érige maintenant, surtout à Paris, on est frappé de l'imperfection de ces dernières, et l'on ne peut s'empêcher de les désapprouver hautement.

Voici le mode de construction dont on fait ordinairement usage à Paris.

Premièrement, les faces latérales des voussoirs, loin d'être dressées avec la perfection antique, ne sont le plus souvent qu'ébauchées.

Secondement, les voussoirs sont ajustés et mis en place à l'aide de cales que l'on introduit dans les joints, et qui sont plus ou moins grosses, selon le défaut des pierres. On remplit ensuite les joints avec du mortier ou du plâtre clair; à cet effet, on garnit ces joints, tout au tour, de filasse, dans laquelle on pratique ensuite quelques trous, pour faire écouler l'eau surabondante, au fur et à mesure que l'on fait entrer de nouveau mortier par le haut.

On voit évidemment que le mortier opposant moins de résistance à la pression que les cales de bois, tout l'effort de la poussée se reporte sur celles-ci; et les voussoirs, au lieu de se toucher sur toute l'étendue des joints, comme dans la méthode antique, se trouvent séparés par quelques petits morceaux de bois: ainsi, la pression étant concentrée, exerce un violent effort, capable quelquefois d'occasionner la rupture des voussoirs, surtout s'ils avaient quelques défectuosités internes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voûtes en moellons et en briques.

Les voûtes en moellons et en briques sont plus économiques, plus faciles à construire, et plus légères que celles en pierres de taille.

Les voûtes de cette espèce qui ont été construites avec du mortier de parfaite qualité et en quantité suffisante, jouissent de la propriété précieuse de former une seule masse cohérente lorsque le mortier a pris consistance, et alors de n'exercer aucune poussée sur les supports, mais seulement des pressions verticales.

Mais pour obtenir cet effet, il faut que la voûte soit consciencieusement et soigneusement construite; c'est-à-dire, il faut, 1° que les moellons soient bien ébousinés et bien dressés au marteau. 2° Avant de les mettre en œuvre, ainsi que les briques, on doit indispensablement les tremper dans un baquet d'eau : cette condition est essentielle pour que le mortier puisse adhérer fortement à leurs surfaces. 3° Le mortier ne doit point être épargné; il faut que toutes les surfaces des moellons et des briques en soient enveloppées. 4° Lorsqu'on les met en place, on doit les frapper avec le marteau pour les bien faire joindre. 5° A l'extrados, on doit avoir soin de bien garnir les joints avec des éclats de pierre. Dans quelques pays, on se sert pour cela d'une espèce de pierre qui se débite comme l'ardoise. 6° Les moellons ou les briques doivent être placés en liaison : on observe dans les voûtes antiques en briques, lesquelles étaient composées ordinairement de deux rangs superposés, que les deux rangs sont, de distance en distance, reliés par des briques dont la hauteur est double des autres. 7° Il faut faire entrer la clef de la voûte avec une force modérée. Quelques construc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs prescrivent, pour les voûtes en briques, de placer à sec celles qui avoisinent cette clef. En tout cas, il faut éviter de la frapper à coups de masse, comme le font quelques maçons, ou de la trop forcer avec des coins, de peur que cet effort violent n'ébranle la voûte et ne produise quelque écartement dans les murs encore frais.

Ces précautions coopèreront à donner à la voûte l'homogénéité requise pour éviter la poussée; mais on les rendrait insuffisantes si l'on ôtait les cintres de la vôute avant que le mortier n'eût acquis la consistance qu'il doit avoir pour qu'elle n'éprouve pas un tassement nuisible par l'effet du décintrement.

Les expériences de M. Rondelet lui ont fait connaître qu'au bout de six mois le mortier peut unir les briques avec assez de force pour supprimer entièrement les efforts de la poussée. Mais au bout de deux mois, dans la bonne saison, le mortier d'une voûte en moellons ou en briques a déjà acquis assez de consistance pour que l'on puisse opérer le décintrement.

Les voûtes très surbaissées pour les appartemens, peuvent être faites avec promptitude et économie, en briques ou en poteries creuses. Celles en briques se forment de deux manières différentes: 1° par deux assises posées à plat et en liaison, en se servant de plâtre ou de mortier hydraulique qui ait la propriété de faire prise promptement et d'adhérer aux briques avec beaucoup de force; on nomme *voûtes à la manière de Roussillon*, celles ainsi construites (pl. IX, fig. 12); 2° par une seule assise de briques posées de champ, comme on le voit fig. 4.

Lorsqu'on construit ces sortes de voûtes, au lieu d'établir un cintre général qui recouvre entièrement la pièce que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'on veut voûter, on se sert, par économie, d'une partie de cintre en planches, long environ de 3 pieds; il repose sur des sablières de niveau, appuyées aux murs et soutenues par des poteaux à la hauteur des naissances, et par d'autres au milieu, solidement arrêtés, pour faire glisser dessus la partie du cintre, après avoir achevé la portion de voûte correspondante. Il faut observer que ces cintres mobiles ne peuvent être mis en usage que pour les voûtes à berceau.

La solidité de ces sortes de voûtes très légères dépend de la grande force d'adhérence qui unit tellement le plâtre ou le mortier aux briques, qu'elles ne forment qu'un seul corps, qui n'exerce aucune poussée.

Le mortier fait avec de la bonne chaux hydraulique naturelle ou artificielle, suivant les méthodes de M. Vicat, doit être préféré au plâtre; car, premièrement, le plâtre se décomposant et perdant toute sa force à l'humidité, les voûtes maçonnées en plâtre ne peuvent être employées convenablement que pour les endroits secs et à l'abri des intempéries de l'air. Deuxièmement, on sait que le plâtre a la propriété de se gonfler en séchant, et d'ailleurs les voûtes très surbaissées en briques et plâtre ne réussissent qu'autant que le plâtre est bon; mais plus il a de qualité et plus l'action produite par son gonflement est grande et son effet dangereux, ce qui oblige d'y employer beaucoup de fer, pour empêcher l'écartement des murs qui servent de supports à la voûte.

On emploie quelquefois des voûtes en briques analogues aux précédentes, pour former le comble d'une maison sans charpente, comme la fig. 4 l'indique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voûtes en poterie creuse.

La construction des voûtes très surbaissées en briques offre quelques difficultés. On substitue souvent aux briques des poteries creuses qui donnent plus d'épaisseur aux voûtes sans augmenter leur poids. Cette méthode a été anciennement employée en Italie et l'est encore en Asie.

Dans l'église de Saint-Vital, à Ravenne, édifice du sixième siècle, on remarque une coupole octogone, dont le diamètre a 52 pieds; elle est formée de petits tuyaux qui s'emmanchent les uns dans les autres (pl. IX, fig. 19, 21), et qui sont disposés en spirale au lieu de l'être par rangs concentriques. Cette voûte, qui est en plein cintre, a les reins garnis jusqu'à environ 36 degrés ou les $\frac{2}{3}$ de sa hauteur d'une maçonnerie faite avec des vases en terre cuite (fig. 20). La partie de la voûte au-dessus est formée par le bas de trois épaisseurs de tuyaux, et de deux par le haut.

On trouve dans le voyage en Syrie de M. Volney, la description des voûtes et des toits, que les habitans de ce pays construisent en briques creuses.

« Le ciment dont ils se servent doit être celui des Grecs et des Romains. Pour le bien composer, ils observent de n'employer la chaux que bouillante; ils y mêlent un tiers de sable et un autre tiers de cendre et de briques pilées : avec ce composé ils font des puits, des citernes et des voûtes impénétrables. J'en ai vu, en Palestine, une espèce singulière qui mérite d'être citée. Cette voûte est formée de cylindres de briques de 8 à 10 pouces de longueur. Ces cylindres sont creux et peuvent avoir 2 pouces de diamètre à l'intérieur; leur forme est légèrement conique. Pour former la voûte, on les range à côté les uns des autres, mettant le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bout fermé en dehors ; on les joint avec du plâtre de Jérusalem ou de Nablon, et quatre ouvriers achèvent la voûte d'une chambre en un jour. Les premières pluies ont coutume de la pénétrer ; mais on passe sur le dôme une couche à l'huile, et la voûte devient imperméable. On ferme les bouches de l'intérieur avec une couche de plâtre, et l'on a un toit durable et très léger. Dans toute la Syrie, l'on fait avec ces cylindres les bordures des terrasses, afin d'empêcher les femmes, qui s'y tiennent pour laver et sécher le linge, d'être vues. »

On a donné aux voussoirs creux en poterie diverses dimensions et diverses formes, suivant la nature des voûtes pour la formation desquelles ils devaient servir ; les uns sont à bases carrées, et ont à leurs faces latérales des sillons, des renfoncemens et des trous, pour que le mortier ou le plâtre s'y attache mieux ; d'autres sont carrés par le haut et ronds par le bas.

En se servant de ces voussoirs, et les soutenant à l'aide de tirans de fer en tous sens, on forme des voûtes entièrement plates. Dans ce cas, les armatures de fer qui soutiennent les voussoirs devant être cachées dans leur épaisseur, les voussoirs ont une entaille, comme la fig. 3o, pl. IX, l'indique. Les voûtes plates doivent toujours avoir plus d'épaisseur que celles qui sont cintrées. Comme les voussoirs creux ne peuvent se tailler, il est presque toujours nécessaire de former la clef avec des briques ordinaires, de même que les angles des voûtes d'arête, ou en arc de cloître.

Voûtes en béton.

Les voûtes antiques dont on admire la conservation dans les monumens de Rome, sont construites, la plupart, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maçonnerie de béton, entremêlée de chaînes en briques; les voûtes du Colisée, des Thermes, celles des temples de la Paix, de Minerva-Medica, de Vénus et Rome, étaient ainsi construites. On remarque au Colisée et aux thermes de Caracalla des voûtes en béton, dont l'intrados est formé par des assises de grandes briques carrées posées à plat.

Les anciens employaient dans la construction de leurs voûtes les mêmes précautions dont ils firent usage dans celle des murs, pour prévenir les désunions dans la masse, que des tassemens irréguliers auraient pu produire avant que le béton eût acquis une consistance suffisante. Ces précautions consistaient 1° à former de distance en distance, le long de la voûte, des arcs en briques ou en pierres qui remplissent le même objet que les chaînes dans les murs; 2° à massiver le béton au fur et à mesure qu'on le déposait sur le cintre; 3° à ne pas opérer le décintrement avant que le béton ne se fût endurci suffisamment.

Les voûtes en béton sont les meilleures que l'on puisse employer pour les grands édifices, tels que les églises, les salles de grandes dimensions. Elles présentent des avantages qui les rendent incontestablement préférables à celles en pierres de taille. Les anciens Romains, qui savaient si bien concilier la solidité avec l'économie, et obtenir, par des moyens simples, faciles et expéditifs, des constructions d'une grandeur et d'une magnificence admirables, ont constamment fait usage du béton pour former les voûtes des temples, des grands salons (qu'ils nommaient *hexedræ amplissimæ*), des cirques, des amphithéâtres.

La voûte sphérique du Panthéon, à Rome, qui a 133 pieds romains de diamètre; la voûte à arêtes de l'*hexedra amplissima* des thermes de Dioclétien, qui a 74 pieds de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre, sont en béton, et leur conservation est aussi parfaite que lorsqu'elles furent érigées. La voûte à berceau de la grande nef de Saint-Pierre de Rome, est également en béton, et elle a 82 pieds romains de diamètre et 144 de hauteur.

Les voûtes en béton (*a*) s'exécutent avec une facilité extrême, quelle que soient leur forme et leurs dimensions. Il suffit de déposer le béton sur le cintre, couvert de planches, qui sert de moule à la voûte; de massiver ce béton, et de former, de distance en distance, des chaînes en briques ou en pierres. On forme avec des morceaux de planches, en saillie sur le cintre, toutes les parties qui doivent être renfoncées dans la voûte, telles que les caissons et les autres compartimens. De cette manière les anciens ont pu, sans augmenter la dépense de construction, orner leurs voûtes avec magnificence, comme on le voit au Panthéon à Rome, au temple de la Paix, à celui de Vénus et Rome, dans l'église antique de San Bernardo, qui était un des *calidarii* des thermes de Dioclétien.

Si l'on compare cette méthode si peu coûteuse, si facile, si expéditive, avec celle des voûtes en pierres de taille usitée à Paris, l'on est étonné que des architectes de mérite, qui ont étudié les monumens antiques, aient pu l'adopter, malgré ses imperfections évidentes.

(*a*) Le lecteur doit se rappeler ce que nous avons dit liv. I, chap. 2, que le *béton* n'est autre chose qu'une espèce de pierre factice formée par un amas de cailloutages et de pierrailles entremêlés d'une abondante quantité de mortier qui réunit en une seule masse tous ces petits fragmens et en forme un tout dont la ténacité et la dureté égale celles des pierres naturelles, et qui a la propriété d'être impénétrable à l'eau, et celle de passer promptement de l'état mou à une consistance très dure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La taille exacte des voussoirs en pierre qui forment les voûtes modernes, exige des soins et des précautions qui ne sont pas sans difficultés, et le travail en est aussi long que coûteux. Le mouvement de ces lourdes masses est pénible, et ne peut s'effectuer qu'à l'aide d'échaufadages volumineux et de machines. La mise en œuvre demande des ouvriers exercés et intelligens, et présente de graves inconvéniens, si l'on fait usage de cales. Les caissons et autres compartimens, devant être sculptés sur place, deviennent très dispendieux, et n'ont presque jamais ces renfoncemens bien prononcés qui donnent tant de majesté aux compartimens antiques. Les pierres acquièrent, avec le temps, des teintes différentes qui produisent un effet désagréable. Ces sortes de voûtes ne se prêtent point aux peintures à fresque, qui enrichissent d'une manière si brillante les édifices italiens.

Les voûtes en pierres de taille présentent d'autres inconvéniens, par rapport à la solidité. Leur poids, bien plus grand que celui des voûtes en béton ou en briques, rend la poussée plus forte, et exige des supports d'autant plus volumineux que le peu de mortier placé dans les joints ne produit pas une adhérence aussi complète comme dans les voûtes composées de petites masses conglomérées par le mortier qui les enveloppe de toute part.

On peut objecter que des constructions qui réussiraient bien dans des pays chauds et secs, peuvent ne pas convenir à des climats humides et plus froids; mais cette objection s'évanouit à la vue des monumens antiques encore existans. Il résulte que les Romains ont employé avec succès ce même genre de construction dans les pays septentrionaux comme dans les pays méridionaux; on trouve des restes de monumens antiques aussi bien conservés dans des lieux exposés à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de très grandes variations de température causées par les pluies, les vents, les brouillards qui y règnent pendant la plus grande partie de l'année, comme en Italie, où l'air est plus pur, plus sec et plus égal. La brumeuse Angleterre conserve encore la muraille des *pictes*, qui la sépare de l'Écosse, et que Sévère fit construire; on y admire encore un amphithéâtre, des vestiges de bains, des restes imposans de voies antiques, où le béton fut employé. La France conserve des restes de maçonneries antiques en béton, que leur parfaite conservation rend admirables; il suffit de citer la belle salle des thermes de Julien, à Paris. La voûte de cette salle a été pendant plusieurs siècles exposée à découvert à l'action immédiate de l'humidité; néanmoins elle est parvenue intacte jusqu'à nous, pour témoigner que l'on peut, à Paris, aussi-bien qu'à Rome, former économiquement de solides constructions avec de très petits matériaux, sans prodiguer inutilement les pierres de taille. Il suffit que l'on sache employer du bon mortier, et qu'on mette en usage les méthodes utiles de M. Vicat, que nous avons indiquées dans le chapitre 2 du premier livre.

De la poussée des voûtes.

Il est évident que si une voûte était formée d'un seul bloc, comme la voûte monolithe du tombeau de Théodoric, à Ravenne, elle n'exercerait aucune poussée, et ne produirait qu'une simple pression verticale sur les supports, qui, dans ce cas, n'auraient strictement besoin que d'une dimension suffisante pour ne pas éclater sous la charge de ce fardeau. Il est également évident que si un support se trouve soumis à l'action de deux ou de plusieurs poussées égales et diamétralement opposées, ces poussées se détruiront réciproquement, et le support ne sera soumis qu'à l'action verticale du poids

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des portions de voûte qui lui correspondent: aussi voyons-nous, dans quelques églises, gothiques des piliers extrêmement grêles soutenir les portions des voûtes où les poussées se contre-balancent; ces piliers, qui excitent l'étonnement du vulgaire, n'ont, d'après ce que nous venons de dire, rien de surprenant.

Une voûte sera d'autant mieux faite que sa masse aura plus de cohérence et de continuité. Nous avons vu (page 185) qu'une voûte en moellons ou en briques, formée avec une abondante quantité de bon mortier, acquérait ordinairement, au bout de six mois, une telle consistance, qu'elle ne formait plus qu'une seule pièce exempte de poussée. Cet effet est encore plus prompt et plus certain pour les voûtes en béton. Les voûtes en pierre de taille ne peuvent acquérir, à l'aide du mortier, une aussi grande adhérence et continuité dans toute leur masse; mais les anciens y suppléaient par des crampons et par des tenons, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment.

Quoique l'action du mortier ait intimement réuni toutes les parties d'une voûte, elle sera néanmoins sujette à des ruptures si les supports fléchissent inégalement, soit par défaut de consistance du sol, soit par le tassement que la compression de la maçonnerie fraîche produit; et, dans ce cas, la poussée aura lieu, et elle tendra à renverser les supports qui n'auraient point les dimensions suffisantes. Voilà pourquoi il importe essentiellement de consolider avec le plus grand soin le sol qui doit recevoir les supports d'une voûte, et de ne pas la construire avant que le tassement de ces supports ne se soit effectué, et que la maçonnerie ait acquis une consistance suffisante pour en empêcher la continuation. Bélidor et plusieurs autres auteurs rapportent que des voûtes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se sont écroulées parce que les pieds-droits n'avaient point été assez solidement fondés, ou bien parce que leur maçonnerie n'avait point été assez soignée. La coupole de Sainte-Geneviève a failli s'écrouler par le défaut qu'avaient les assises de pierres des piliers, de ne pas se toucher dans toute l'étendue des lits, mais seulement vers les bords des joints. Ce défaut de juxta-position fit éclater les pierres parallèlement à leur parement, et eût occasionné la ruine de ce beau monument, si M. Rondelet ne fût parvenu, par une opération aussi savante que hardie, à soutenir la coupole et à refaire les piliers.

Il était essentiel de connaître les points où une voûte peut éprouver des ruptures par suite du défaut de stabilité de ces pieds-droits. De la Hire (*a*) a reconnu que les voûtes en plein cintre se rompent vers le milieu de la demi-voûte, c'est-à-dire à 45 degrés au-dessus de la naissance de la voûte, et que pour les voûtes surbaissées au tiers et formées de trois arcs de 60 degrés chacun, le point de rupture a lieu à la jonction des arcs.

Des observations postérieures ont confirmé ces résultats. Perronet a cherché, par des expériences faites en grand sur les arches des pont de Nogent et de Neuilly, la position du point de rupture. Il fit tracer des lignes de repère sur les têtes des voûtes, et il observa au pont de Nogent une inflexion qui indiqua que le point de rupture devait se rapporter vers le tiers de la demi-voûte; et au pont de Neuilly les joints des voussoirs se sont ouverts entre le vingt-sixième et le trente-unième, c'est-à-dire un peu au-dessous de la demi-voûte.

(*a*) Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1712.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Boistard a fait des expériences en grand pour reconnaître comment s'opère la rupture des voûtes, et elles lui ont indiqué que, dans le cas où cette rupture s'effectue, la partie supérieure de la voûte, au lieu de glisser d'une seule pièce sur les deux joints de la rupture, se divise en deux parties qui se séparent à la clef et aux reins; les deux autres parties de la voûte sont repoussées en dehors, et sollicitées à tourner à l'extrados sur leur arête inférieure. Dans ce phénomène de rupture, chaque portion de voûte tend à tourner sur celles des arêtes des voussoirs qui se resserrent par ce mouvement, à l'extrados de la voûte pour le joint de rupture qui se manifeste à la clef et aux naissances, et à l'intrados pour celui qui a lieu aux reins de la voûte.

Puisque, comme l'expérience le démontre, les voûtes se fendent vers le milieu des reins, il est convenable, pour s'opposer à cet effet nuisible, de renforcer la voûte dans cet endroit, c'est-à-dire de garnir le dessus en maçonnerie jusque vers la moitié de sa hauteur.

Quelques constructeurs, au lieu de faire une maçonnerie continue sur le dos de la voûte, forment (pl. IX, fig. 5) des petits murs d'éperon espacés entre eux du tiers de la largueur de la voûte, et dont l'épaisseur est environ la dixième partie de l'intervalle qui les sépare. Les espaces entre les petits murs peuvent être remplis de gravois secs, recouverts d'une couche de plâtre ou de mortier.

Il est un autre moyen qui évite une trop grande charge pour remplir les reins, mais qui est plus dispendieux; il consiste à former de fausses lunettes au-dessus de l'extrados.

Il est essentiel que la voûte ait une épaisseur suffisante, qui doit d'ailleurs varier suivant la destination de la voûte. Ainsi, celle qui doit supporter des fardeaux et éprouver des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ébranlemens fréquens, comme, par exemple, l'arche d'un pont, aura une épaisseur plus grande que les voûtes destinées à former le sol des différens étages d'un édifice, et celles-ci seront plus épaisses que celles qui n'ont rien à supporter, comme les voûtes d'église; enfin, parmi ces dernières, celles qui sont à couvert sous les toits de charpente n'ont pas besoin de tant d'épaisseur que celles qui en doivent tenir lieu.

L'épaisseur des voûtes des ponts antiques varie entre le dixième et le douzième du diamètre de l'arche. Léon-Baptiste Alberti prescrit qu'elle ne soit pas moindre d'un quinzième.

On lit dans le Programme du Cours de Construction de M. Sganzin, ce qui suit :

« L'expérience, confirmée par le succès, a consacré, dans les Ponts et Chaussées, une méthode pratique pour déterminer l'épaisseur des grandes voûtes à leur clef.

» On prend le $\frac{1}{24}$ de l'ouverture de l'arche, auquel on ajoute une constante d'un pied. On retranche ensuite du total le $\frac{1}{144}$ de l'ouverture, le reste est l'épaisseur cherchée.

Quant aux voûtes qui n'ont point de charge à supporter, voici ce que M. Rondelet prescrit :

« J'ai trouvé (dit-il) comme M. Couplet, que la moindre épaisseur qu'on puisse donner à un arc extradossé d'égale épaisseur, pour qu'il se soutienne, ne devrait pas être plus petite que la cinquantième partie du rayon.

» Cependant, comme les pierres et les briques qu'on emploie à la construction des voûtes ne sont jamais aussi parfaites que le suppose la théorie, on peut réduire la moindre épaisseur pour les voûtes en berceau, depuis 9 pieds jusqu'à 15 pieds de rayon; à 4 pouces, soit qu'on les forme d'un rang de briques posées de champ, soit qu'elles soient composées de deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rangs à plat, comme dans les voûtes à la manière du Rossilon; et de 5 pouces pour les voûtes en pierres tendres, comme celles de Sainte-Geneviève, en augmentant cette épaisseur depuis le milieu de la clef jusqu'à l'endroit où leur extrados se détache des murs ou pieds-droits qui la soutiennent.

» Mais si les reins sont garnis jusqu'à la hauteur où se ferait la désunion en cas de rupture, on trouve que, pour l'arc gothique, cette épaisseur pourrait n'être que de $\frac{1}{140}$ du rayon; pour la voûte en plein cintre, $\frac{1}{86}$.

» Pour les voûtes surbaissées formées d'un seul arc de cercle, on prendra, pour la moindre épaisseur, la cinquième partie de la corde de l'arc compris entre le sommet de la voûte et le point de rupture. Ce dernier moyen est applicable aux voûtes gothiques et à toutes sortes de voûtes en berceau. Au résultat que donne cette opération, on ajoutera $\frac{1}{144}$ de la corde susdite.

» Pour les voûtes maçonnées en mortier, on ajoutera $\frac{1}{96}$, et $\frac{1}{79}$ pour celles exécutées en pierres de taille tendre, qui n'ont pas de charge à porter. Cette épaisseur ira en augmentant à partir du milieu de la clef, jusqu'au point où la voûte se détache des reins, où elle aura une fois et demie celle trouvée pour le milieu de la clef. C'est ainsi qu'ont été réglées les épaisseurs de toutes les voûtes en berceau de Sainte-Geneviève, exécutées en pierres de Conflans.

» Les voûtes d'arête, d'arc de cloître, et les voûtes sphériques de même diamètre que les voûtes en berceau, peuvent avoir moins d'épaisseur; ainsi l'on peut se dispenser de rien ajouter à l'opération pour les profils qui leur correspondent.

La voûte en berceau de l'église de Saint-Pierre de Rome a 82 pieds romains de diamètre, et son épaisseur à la clef est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 3 pieds et demi, c'est-à-dire un vingt-quatrième de son diamètre.

Plusieurs églises gothiques, dont la voûte a 44 ou 45 pieds de diamètre, n'ont que 5 à 6 pouces de grosseur à la clef.

La grande voûte du portail de Sainte-Geneviève a 58 pieds de diamètre, et n'a que 8 pouces à la clef, c'est-à-dire $\frac{1}{98}$ du diamètre; mais elle a le double à l'endroit où elle se détache du mur intérieur des pieds-droits.

Plusieurs géomètres distingués se sont occupés de la théorie des voûtes; De la Hire, Couplet, Gautier, Dérand, Torija, Coulomb, Bossut, Lorgna, Salimbeni, Mascheroni, Boistard et Gauthey, ont donné des formules et des méthodes plus ou moins exactes, plus ou moins compliquées; mais malheureusement la plupart de ces formules ne peuvent être mises en usage, ou parce qu'elles renferment des quantités transcendantes qui rendent le calcul numérique impraticable, ou bien parce qu'elles reposent sur des suppositions trop douteuses, si elles ne sont inexactes. De toutes les méthodes, celle de De la Hire est la plus généralement adoptée, quoiqu'elle ne soit point exempte de fausses suppositions. Mais comme elles sont toutes favorables à la plus grande solidité, et comme les formules sont simples et d'une facile application, on leur a donné la préférence : d'ailleurs, l'expérience a prouvé qu'on pouvait sans crainte se servir des résultats qu'on en déduit.

De la Hire suppose que les voûtes dont les pieds-droits n'ont pas une épaisseur suffisante pour résister à la poussée, se fendent vers le milieu des reins; il considère la partie du sommet qui forme la moitié de la voûte comme un coin qui tend, par son poids, à écarter les deux autres parties, qu'il regarde comme tellement adhérentes aux pieds-droits,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elles ne font avec eux qu'un seul et même corps jusque sur leur fondement.

Il remarque ensuite que, dans cette supposition, la voûte ne peut se fendre, que le coin ne descende de quelque chose, et qu'il n'agisse pour faire écarter les pieds-droits par le dessus; et supposant encore qu'il ne se fait aucun frottement sur les lits des voussoirs, sur lesquels le coin tend à glisser. Il déduit des principes de la Mécanique, l'épaisseur que l'on doit donner aux pieds-droits des voûtes, pour résister à leur poussée.

Soit (pl. VIII, fig. 12) une voûte en plein cintre, terminée en plate-forme, dont il s'agisse de déterminer l'épaisseur du pied-droit. Après avoir décrit un arc concentrique qui passe par le milieu de l'épaisseur de la clef, et élevé les perpendiculaires LO, DF, aux rayons AL,AD qui vont au milieu des reins de la voûte, les points D et L seront considéres comme les centres d'impression sur lesquels le coin agit également de part et d'autre, suivant les directions DF, LO : ainsi il suffira d'avoir égard à la moitié du coin, depuis le point D jusqu'au sommet de la voûte, puisque l'on appliquera les mêmes raisonnemens à l'autre moitié. Supposant ensuite la pesanteur des pieds-droits jointe à la première partie de la voûte réunie à leur centre de gravité en M, la question est réduite à trouver le bras HG d'un levier recourbé HGE, à l'une des extrémités duquel serait le poids H, égal à la pesanteur du pied-droit XV, et à l'autre extrémité E, une puissance qui tirerait obliquement le levier, et qui serait égale à l'effort que fait le coin pour écarter le pied-droit XV.

Or, il est démontré en Mécanique que l'effort que fait le coin au point D, est à la puissance qui le chasse (qui est ici sa pesanteur, que l'on peut exprimer par son pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fil UVQL), comme AD est à AR ; ainsi cet effort, ou la puissance agissante, sera $\frac{\text{UVQL} \times \text{AD}}{\text{AR}}$. Si l'on nomme $2nn$ la superficie du coin, et que l'on fasse AR $= 2a$, AD $= b$, G$s = h$, GV $= d$, ZC $= c$, et XG $= y$, on aura d'abord la puissance agissante égale à $\frac{2bnn}{2a} = \frac{bnn}{a}$.

Considérant ensuite que les triangles AKD, DsE, EFG, sont semblables, et que l'on a Ds = Ze $= c + y =$ Es, on aura GE $=$ G$s -$ Es $= h - c - y$; et faisant $h - c = f$, on aura GE $= f - y$. On a aussi, à cause des triangles semblables, AD : AK $=$ GE : GF, par conséquent $b : a = (f - y)$: GF, et GF $= \frac{af - ay}{b}$ qui sera le bras de levier de la puissance agissante.

La puissance résistante sera exprimée par la superficie XGVQC, que l'on suppose pour plus de facilité $=$ XGVS $= dy$; son bras de levier HG sera $\frac{1}{2}y$. De sorte que l'on aura $\frac{bnn}{a} \times \frac{af - ay}{b} = dy \times \frac{y}{2}$, d'où l'on tire $(f - y)\frac{2nn}{d} = yy$ et $y = \sqrt{\frac{2dfnn \times n^4}{dd}} - \frac{2n^2}{d}$, qui est la formule dont on se sert pour trouver les pieds-droits des voûtes.

On remarque des inexactitudes dans les hypothèses qui ont servi de base à la solution de De la Hire ; mais toutes, comme nous l'avons déjà dit, sont en faveur de la solidité ; c'est-à-dire que toutes tendent à donner une plus forte valeur à la quantité qui exprime l'épaisseur du pied-droit.

1°. De la Hire suppose que, lorsque le coin qui forme la partie supérieure de la voûte glisse contre les voussoirs, il ne se fait point de frottement, comme si leurs surfaces étaient exactement polies, tandis que ces surfaces sont entièrement raboteuses, et qu'elles sont en outre liées par le mortier, ce qui augmente beaucoup leur adhérence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2°. Il suppose que les ruptures des voûtes se font au milieu de leurs reins; et on peut démontrer que lorsqu'elles se fendent en cet endroit, elles poussent davantage que si elles se fussent rompues partout ailleurs; c'est donc le cas le plus désavantageux qui puisse arriver dans leur rupture.

3°. Dans le calcul, on a supposé que le centre d'impression se trouve sur le milieu de la longueur des voussoirs; mais pour peu que la partie supérieure descende, toute l'impression se fait sur l'arête du voussoir, qui reste joint aux pieds-droits : alors le levier de la puissance agissante sera moins grand.

D'autre part, on doit faire attention que lorsque l'on place le point d'appui G (fig. 12) à l'extrémité de l'épaisseur du mur, on suppose que le terrain des fondations est incompressible; et, comme il ne l'est pas ordinairement, il ne serait point étonnant que quelques voûtes renversassent leurs pieds-droits, quoique leur épaisseur fût conforme aux calculs; voilà pourquoi il faut donner, autant que l'on peut, beaucoup d'empatement, c'est-à-dire une large base, aux pieds-droits des voûtes que l'on veut établir sur un terrain ordinaire.

Les résultats que donne la théorie de De la Hire ne doivent être considérés que comme des approximations qui assignent aux pieds-droits une épaisseur plus forte que celle qui serait exigée par le simple équilibre.

M. Sganzin a inséré dans ses programmes du Cours de Construction, des tables, que M. Chezy a calculées d'après la théorie de De la Hire. « Ces tables, dit M. Sganzin, ont servi avec succès à déterminer les dimensions des piles formant culées de la plupart des grands ponts dernièrement construits. Une longue expérience, ajoute-t-il, et des succès

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constans, établissent la confiance que l'on doit avoir dans ces tables, dont l'usage est assez général dans le service des ponts et chaussées. Malgré que la formule qui leur sert de base ne soit point fondée sur des principes rigoureux, on n'hésite cependant pas à les proposer avec la confiance qu'elles paraissent mériter, et que la solidité et la beauté d'ensemble des constructions auxquelles elles ont servi, justifient pleinement. »

Les tables ci-jointes sont un extrait de celles de M. Chezy. La première sert pour les voûtes à berceau et à plein cintre; la seconde pour celles surbaissées.

On doit observer que ces tables ayant été calculées pour des arches de ponts, on a donné aux voûtes une épaisseur à la clef plus forte que celle qu'exigent les voûtes des édifices couverts; d'où il résulte que le poids et la poussée étant plus forts, l'épaisseur des pieds-droits l'est également : ainsi l'on pourra se dispenser d'ajouter à cette épaisseur un surplus, comme on le fait ordinairement aux piles des ponts, qu'on augmente de 6 pouces pour les arches de 36 pieds d'ouverture, et d'un pied ou de 18 pouces pour les plus grandes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PREMIÈRE TABLE.

Pour les voûtes à plein cintre.

DIAMÈTRE des VOUTES.	HAUTEUR des PIEDS-DROITS.		ÉPAISSEUR des VOUTES A LA CLEF.			ÉPAISSEUR des PIEDS-DROITS.		
pieds.	pieds.	pouces.	pieds.	pouces.	lignes.	pieds.	pouces.	lignes.
3	3	»	1	1	3	1	5	5
	4	6				1	7	6
	6	»				1	8	9
6	3	»	1	2	6	1	10	6
	4	6				2	1	4
	6	»				2	3	4
9	3	»	1	3	9	2	1	2
	6	»				2	7	»
	9	»				2	11	2
12	0	»	1	5	»	1	4	7
	3	»				2	4	9
	6	»				2	11	9
	9	»				3	4	5
	12	»				3	7	8
	15	»				3	10	1
	18	»				3	11	11
	21	»				4	1	4
	24	»				4	2	7
18	6	»	1	7	6	3	7	10
	9	»				4	1	9
	12	»				4	6	1
24	6	»	1	10	»	4	3	1
	9	»				4	9	5
	12	»				5	3	3
30	6	»	2	0	6	4	10	$1\frac{1}{2}$
	9	»				5	5	7
	12	»				5	11	9
36	6	»	2	3	0	5	4	10
	9	»				6	1	»
	12	»				6	7	8
42	6	»	2	5	6	5	11	5
	9	»				6	8	»
	12	»				7	3	3

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DIAMÈTRE des VOUTES.	HAUTEUR des PIEDS-DROITS.	ÉPAISSEUR des VOUTES A LA CLEF.	ÉPAISSEUR des PIEDS-DROITS.
pieds.	pieds.	pieds. pouces. lignes.	pieds. pouces. lignes.
48	6 »	2 8 »	6 6 »
	9 »		7 2 10
	12 »		7 10 7
	15 »		8 5 2
54	6 »	2 10 6	7 0 4
	9 »		7 9 7
	12 »		8 5 8
	15 »		9 0 9
60	6 »	3 1 »	7 6 8
	9 »		8 4 3
	12 »		9 0 7
	15 »		9 8 1
66	6 »	3 3 6	8 1 »
	9 »		8 10 10
	12 »		9 7 6
	15 »		10 3 2
	18 »		10 10 2
72	6 »	3 6 »	8 7 4
	9 »		9 5 4
	12 »		10 2 2
	15 »		10 10 2
	18 »		11 5 6
78	6 »	3 8 6	9 1 10
	9 »		9 11 9
	12 »		10 9 0
	15 »		11 5 3
	18 »		12 0 10
84	9 »	3 11 »	10 5 11
	12 »		11 3 7
	15 »		12 0 1
	18 »		12 7 11
	21 »		13 3 1
90	9 »	4 1 6	11 2 4
	12 »		11 11 6
	15 »		12 8 1
	18 »		13 4 »
	21 »		13 11 4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SECONDE TABLE.

Pour les voûtes surbaissées au tiers, les reins remplis au niveau de l'extrados.

OUVERTURE DES VOUTES.	HAUTEUR des PIEDS-DROITS.	PETIT RAYON.	GRAND RAYON.	ÉPAISSEUR des voûtes A LA CLEF.	ÉPAISSEUR des PIEDS-DROITS.
pieds.	pi. po.	pi. po. lig.	pi. po. lig.	pi. po. lig.	pi. po. lig.
3	3 »	0 9 $9\frac{2}{3}$	2 2 $2\frac{1}{3}$	1 1 9	1 6 6
	4 6				1 8 4
	6 »				1 9 5
6	3 »	1 7 $7\frac{1}{3}$	4 4 $4\frac{2}{3}$	1 3 »	2 3 5
	4 6				2 6 9
	6 »				2 9 1
9	3 »	2 4 11	6 7 1	1 5 6	2 8 2
	6 »				3 3 4
	9 »				3 7 3
12	0 »	3 3 $2\frac{1}{2}$	8 8 $9\frac{1}{2}$	1 7 4	1 8 10
	3 »				3 2 4
	6 »				3 11 3
	9 »				4 4 7
	12 »				4 8 1
	15 »				4 10 9
	18 »				5 » 7
	21 »				5 2 1
	24 »				5 3 3
18	6 »	4 10 10	13 1 2	1 10 10	4 10 3
	9 »				5 5 5
	12 »				5 10 6
24	6 »	6 6 5	17 5 7	2 2 7	5 8 5
	9 »				6 5 9
	12 »				6 11 5
30	6 »	8 2 $0\frac{1}{2}$	21 9 $11\frac{1}{2}$	2 6 0	6 5 9
	9 »				7 3 7
	12 »				7 11 2
36	6 »	9 9 8	26 2 4	2 10 1	7 3 1
	9 »				8 2 »
	12 »				8 10 8
42	6 »	11 5 3	30 6 9	3 2 »	8 » »
	9 »				8 11 8
	12 »				9 8 11

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

OUVERTURE DES VOUTES.	HAUTEUR des PIEDS-DROITS.	PETIT RAYON.	GRAND RAYON.	ÉPAISSEUR des voûtes A LA CLEF.	ÉPAISSEUR des PIEDS-DROITS.
pieds.	pi. po.	pi. po. lig.	pi. po. lig.	pi. po. lig.	pi. po. lig.
48	6 » 9 » 12 » 15 »	13 » 10	34 11 2	3 5 2	8 8 2 9 8 6 10 6 8 11 3 2
54	6 » 9 » 12 » 15 »	14 8 6	39 3 6	3 8 8	9 4 7 10 5 5 11 4 3 12 1 5
60	6 » 9 » 12 » 15 »	16 4 1	43 7 11	4 » 6	10 1 » 11 2 5 12 1 10 12 11 8
66	6 » 9 » 12 » 15 » 18 »	17 11 8 1/4	48 » 3 3/4	4 4 »	10 9 2 11 10 » 12 10 11 13 9 3 14 6 3
72	6 » 9 » 12 » 15 » 18 »	19 7 3 1/2	52 4 8 1/2	4 7 6	11 5 7 12 7 10 13 8 2 14 6 11 15 4 5
78	6 » 9 » 12 » 15 » 18 »	21 2 11	56 9 1	4 11 6	12 1 8 13 4 4 14 5 » 15 4 4 16 2 3
84	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	22 10 6	61 1 6	5 3 »	14 1 » 15 2 3 16 1 10 17 » 3 17 9 7
90	9 » 12 » 15 » 18 » 21 »	24 6 1 1/2	65 5 10 2/3	5 6 9	14 9 4 15 11 8 16 10 9 17 9 8 18 7 4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voûtes à berceau.

Les voûtes à berceau, lorsqu'elles ne sont point interrompues par des lunettes, ont plus de régularité et plus de majesté que les voûtes à arêtes et que celles à arcs de cloître; aussi doit-on les préférer pour les édifices dont une des conditions premières est la magnificence. Ces voûtes se prêtent à une décoration symétrique, qui est d'autant plus satisfaisante, qu'elle allége la masse de la voûte sans en diminuer la solidité. Cette décoration dans les plus beaux monumens de Rome est formée, ainsi que les fig. 2, 6, 7, pl. VII, l'indiquent, par des compartimens carrés qui laissent au milieu des renfoncemens dans lesquels on place ordinairement des rosaces. On donne le nom de *caissons* à ces compartimens.

Pour qu'ils produisent un effet satisfaisant, il faut qu'ils ne soient point trop multipliés, et que le renfoncement soit assez profond pour produire des ombres bien prononcées. Les rangs des caissons doivent être en nombre impair pour qu'un d'eux corresponde exactement au sommet de la voûte. Dans les édifices les mieux proportionnés, le nombre de ces rangs est de neuf ou onze pour les plus grandes voûtes, et de cinq ou sept pour les plus petites; un plus grand nombre produit confusion, et rend les caissons mesquins; un plus petit les fait paraître plats et disproportionnés.

Le compartiment que nous venons d'indiquer est le plus pur et le plus régulier que l'on puisse adopter. Mais comme la variété plaît toujours, les architectes sont souvent obligés d'en choisir quelques autres, dont voici les plus convenables :

1°. Le compartiment à octogones réguliers (pl. VII, fig. 3).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que les octogones sont entremêlés régulièrement de petits lozanges.

2°. Le compartiment à hexagones reguliers (fig. 4), dont tous les côtés se touchent.

3°. Le compartiment à lozanges (fig. 5). Il est évident que tous les angles des lozanges doivent se trouver sur des lignes droites parallèles à l'axe longitudinal de la voûte.

4°. Le compartiment carré entouré de parallèlogrammes alongés (fig. 8). Celui de la grande nef de Saint-Pierre, à Rome, est de cette espèce.

Souvent on réunit dans un seul cadre un certain nombre de caissons pour y insérer un bas-relief ou une peinture (fig. 7); et quelquefois, dans les compartimens des archivoltes (fig. 9), on entremêle alternativement deux caissons et un bas-relief oblong ou carré.

Nous ne donnerons point ici tous les autres compartimens plus ou moins bizarres, plus ou moins irréguliers, dont les décorateurs ont fait en tout temps un étrange abus.

Lorsque les voûtes à berceau se profilent sur les deux murs des extrémités, et que la disposition de l'édifice permet de laisser ouverts les demi-cercles qui y correspondent (fig. 6), l'intérieur sera convenablement et régulièrement éclairé; mais si cela ne se pouvait pas, on pourra conserver toute la régularité à la voûte, en y pratiquant des ouvertures carrées dans le haut, comme on le voit, à Rome, dans la magnifique galerie du Musée, que le pape régnant a fait construire. Ces ouvertures, qui sont couvertes de glaces, ne dérangent nullement le compartiment régulier de la voûte; car leurs cadres occupent la place d'un nombre déterminé de caissons.

La naissance des voûtes à berceau qui couvrent un grand édifice, doit (pl. IX, fig. 1) s'élever au-dessus de la corniche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autant qu'il le faut pour empêcher que la saillie de cette corniche n'en dérobe une partie à la vue du spectateur; mais il faut éviter de donner au soubassement *ss*, que l'on place entre la corniche et la naissance de la voûte, une élévation disproportionnée, comme on l'observe dans plusieurs églises de Paris.

Les voûtes à berceau, lorsqu'elles sont ouvertes des deux côtés comme les arches de ponts, exercent également leur poussée sur toute la longueur des murs qui les soutiennent. Mais si elles sont terminées aux deux extrémités par des murs qu'on appelle *murs de pignon*, dans lesquels la voûte est reliée, il est évident qu'alors l'effet de la poussée est diminué par cette liaison, tandis que la résistance des murs latéraux est augmentée par leur union avec les murs de pignon; de sorte qu'ils auront d'autant plus de stabilité, que les murs de pignon seront plus rapprochés.

Par ce motif, l'épaisseur qui convient aux pieds-droits isolés est trop forte pour ceux qui sont réunis à des murs de pignon; et dans ce cas, on peut la diminuer proportionnellement à la distance entre ces murs, en se servant de la méthode de M. Rondelet, analogue à celle que nous avons déjà exposée page 139. Ainsi, après avoir fixé l'épaisseur des pieds-droits, en les supposant isolés, on portera cette épaisseur (pl. VIII, fig. 13) de *b* en *i* sur la diagonale *bd* d'un des murs latéraux; on abaissera une perpendiculaire *il* du point *i*, et l'épaisseur réduite *al* sera celle que l'on donnera aux murs qui doivent supporter la voûte.

Quand on a une suite de voûtes ou d'arcades en berceau, les pieds-droits intermédiaires sont soumis à deux poussées qui, étant égales et opposées, s'entre-détruisent; de sorte qu'on pourrait strictement se limiter à donner à ces supports

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'épaisseur nécessaire pour ne pas être écrasés par la charge verticale qui les surmonte. Mais la poussée n'est point contre-balancée sur les supports des extrémités ; de sorte qu'il faut que ceux-ci aient nécessairement toute l'épaisseur que cette poussée exige.

Dans la construction des ponts, plusieurs ingénieurs veulent que toutes les piles aient l'épaisseur nécessaire pour résister à la poussée. D'autres, pour économiser les matériaux et diminuer les causes des affouillemens, préfèrent réduire l'épaisseur de celles intermédiaires, aux dimensions purement suffisantes pour supporter le poids des voûtes. Dans ce cas, ils donnent aux piles une épaisseur double de la hauteur de la clef. Cette méthode exige d'excellens matériaux et une plus grande dépense pour les cintres, parce que l'on est obligé de soutenir toutes les voûtes en même temps.

Les voûtes *surhaussées*, c'est-à-dire celles dont la courbure a plus de hauteur que le demi-cercle, produisent une moindre poussée que les voûtes à plein cintre ; mais comme leur forme n'est point agréable à la vue, on ne doit l'employer que dans les endroits non apparens, ou bien dans les cas où des raisons majeures de solidité et d'économie l'exigeraient.

Il est reconnu que de toutes les formes que l'on puisse donner aux voûtes surhaussées, il n'en est aucune plus solide et dont la poussée soit moindre que celle (pl. IX, fig. 7) formée, à l'instar des voûtes gothiques, par deux arcs de cercle *ab*, *bc* qui se coupent au sommet.

Le cintre le plus solide pour les voûtes surbaissées est celui formé par un seul arc de cercle ; aussi les anciens l'ont-ils préféré dans leurs constructions, comme on en voit des exemples dans les thermes à Rome : plusieurs grands maîtres italiens l'ont adopté. A Saint-Pierre de Rome, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voûtes de communication des bas-côtés étant surbaissées, ont cette forme. On reproche à ce cintre de former des angles mixtilignes à la naissance des voûtes ; mais on peut les masquer par la saillie d'une corniche.

Après l'arc de cercle simple, l'ellipse mérite d'être préférée aux autres courbes ; car elle réunit la solidité à la régularité, et peut servir pour toutes les hauteurs de cintre.

Les constructeurs emploient ordinairement une espèce de courbe composée de plusieurs arcs de cercle, à laquelle ils donnent le nom d'ovale ou d'anse de panier.

La fig. 17, pl. IX, indique une ovale composée de quatre arcs de cercle. On divise le grand diamètre en trois parties égales aux points *p* et *q* ; ces points servent de centre pour décrire les deux circonférences qui se coupent en *o* et *n*. Les points *o*, *p*, *q*, *n* sont les centres qui servent à décrire les arcs *cb*, *bd*, *cf*, *fd*.

Voici une autre méthode facile qui est souvent usitée (fig. 18). Après avoir tracé un demi-cercle avec BC comme rayon, du point C tirez la corde CM′ capable d'un angle de 60 degrés ; et du point M′ conduisez la corde M′D′ qui contiendra 30 degrés ; puis menez DM parallèle à D′M′, et MO parallèle à M′B, les points d'intersections K et O seront les centres de l'ovale.

Lorsque la nature d'un édifice exige que l'on sacrifie la régularité à des raisons de solidité ou d'économie, on peut employer utilement les *lunettes* pour faire l'office d'arcs de décharge, et détourner la poussée vers certains points que l'on sera maître de déterminer : alors on fortifiera convenablement ces points ; et le restant du mur n'étant plus que remplissage, son épaisseur pourra être très limitée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voûtes d'arête.

Une voûte d'arête concentrant sa poussée sur quatre piliers angulaires (pl. VIII, fig. 18), tend à les renverser avec une force plus grande que celle qu'un berceau d'égal diamètre exerce sur ses pieds-droits; elle est la résultante des poussées latérales des berceaux qui composent la voûte.

Les Romains ont fait usage des voûtes d'arête pour couvrir les grandes salles qu'ils nommaient *hexedræ amplissimæ*, comme on le voit dans les thermes de Dioclétien et de Caracalla, et dans le temple de la Paix.

La fig. 4, pl. X, indique le plan de l'*hexedra amplissima* des thermes d'Antonin Caracalla, et la fig. 3 le plan du temple de la Paix, qui, autrefois, était l'*hexedra amplissima* de la maison dorée de Néron. On voit dans ces deux plans que les anciens avaient la précaution de soutenir la retombée des voûtes d'arête par des colonnes *cc*, *cc* placées en avant des murs, afin d'augmenter leur résistance et de diminuer le diamètre des voûtes. Ces colonnes étaient en marbre et monolithes : une de celles du temple de la Paix a été transportée et érigée sur la place de Sainte-Marie majeure. Voici les principales dimensions du temple de la Paix (fig. 3). La voûte d'arête du milieu, qui était revêtue d'ornemens en stuc doré, avait 78 pieds de largeur et 240 de longueur. Les trois voûtes à berceaux VVV, de chaque côté, avaient chacune 71 pieds de largeur et 51 de renfoncement; les murs *bb* qui les séparaient avaient 10 pieds 4 pouces, et les murs *dd* des extrémités, 14 pieds. Les colonnes *cc* avaient 5 pieds 8 pouces de diamètre.

Toutes les voûtes gothiques sont à arêtes. Elles sont composées de *nervures* en pierres de taille, qui se croisent et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui marquent les arêtes. Les *nervures* aa (pl. IX, fig. 8), qui vont directement d'un support à un autre, et qui forment les arcades, se nomment *arcs doubleaux ;* celles qui suivent la direction des diagonales *bb*, prennent le nom d'*ogives;* les intermédiaires *dd* s'appellent *tiercerons.* Les nervures sont combinées de telle sorte, qu'elles se soutiendraient quand même les intervalles qui se trouvent entre elles seraient vides; ainsi, la maçonnerie placée dans ces espaces, nommés *pendans*, n'est qu'un remplissage auquel une très petite épaisseur suffit.

Les nervures (fig. 8) se dirigent toutes vers un centre C, et elles se soutiennent mutuellement, de sorte que l'espace renfermé dans le cercle C, n'a pas besoin d'être rempli, et reste ordinairement vide, comme on le voit à Notre-Dame et dans la plupart des églises gothiques.

On peut aussi introduire dans ce trou un long bloc qui ne supporte aucune pression. Ce bloc descend plus ou moins, et on lui donne les formes les plus variées; il se nomme *clef pendante.* On peut y imposter des nervures à jour qui vont se réunir aux principales, ainsi que les monumens gothiques le démontrent. Les clefs pendantes ne sont qu'un ornement frivole dont l'unique mérite est d'étonner le vulgaire, et qui ne présente ni utilité ni beauté réelle.

Il n'en est pas ainsi des parties principales des églises gothiques, qui sont disposées ordinairement avec beaucoup d'intelligence.

La fig. 2, pl. X, représente le plan de Notre-Dame, et la fig. 1 celui de la cathédrale de Milan. On voit par ces plans que les arêtes multipliées des voûtes rejettent la poussée sur les piliers isolés et sur les murs ; mais que ces piliers se trouvant sollicités par des poussées opposées qui se contre-balan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cent en tout ou en grande partie, n'ont guère que le poids vertical à supporter, lequel est réduit au *minimum* possible. Ce ne sont donc que les murs extérieurs qui résistent à une poussée réelle; mais comme elle est concentrée sur les points qui font face aux piliers intermédiaires, il suffit de consolider convenablement ces derniers ou de les relier en bas par une portion de mur peu élevée, et en haut par une arcade: tous le reste peut être à jour sans inconvénient.

La théorie indique que le poids d'un pilier ajoute à sa stabilité; voilà pourquoi on élevait au-dessus, des obélisques, comme on le remarque principalement à la cathédrale de Milan. Ordinairement la nef du milieu s'élève jusqu'au comble, mais celles des bas-côtés n'arrivent guère qu'à un tiers de cette hauteur; une galerie est placée au-dessus et s'élève jusqu'au second tiers, et le dernier tiers est formé par de grandes fenêtres garnies de vitraux. Ainsi les voûtes des chapelles étant de niveau avec celles des bas-côtés, n'arrivent extérieurement qu'au tiers de la hauteur du bâtiment; les voûtes des galeries surmontent d'autant ce niveau; et enfin le mur de la nef s'élève encore d'autant, de sorte que l'édifice présente à l'extérieur une forme pyramidale favorable à la solidité, laquelle est augmentée par les arcs-boutans qui partent de dessus les murs des chapelles, et appuient leurs arcs rampans contre les murs, soit de la grande nef, soit de la galerie.

A Notre-Dame (fig. 2) les piliers ronds *rrrr* du milieu des bas-côtés ont le neuvième de la largeur, qu'ils divisent en deux entre les nus des colonnes. Les piliers *pppp* de la nef ont le dixième de sa largeur; et les murs *mmmm* des chapelles ont en longueur la moitié de la largeur de la nef.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les piliers *pppp* (fig. 1) de la cathédrale de Milan ont, de diamètre, le tiers de leur distance prise de milieu en milieu, et un sixième de la largeur de la nef; l'épaisseur des murs, compris les contre-forts, est un tiers de cette largeur.

La plupart des églises gothiques et modernes à voûtes d'arête ont la largeur de la grande nef double de celle des bas-côtés, et les piliers qui la soutiennent ont une épaisseur qui varie entre le sixième et le huitième de cette largeur.

Voûtes à arcs de cloître.

Les Italiens nomment cette espèce de voûte (pl. VIII, fig. 20 et 21) *volta a conca;* elle est très convenable pour les salles voûtées dont la longueur ne surpasse pas le double de la largeur; elle se prête parfaitement à une riche décoration : le milieu peut recevoir un grand cadre peint; et plusieurs autres cadres de diverses formes et de moindres dimensions peuvent être distribués tout autour et être entremêlés de festons, de rinceaux et d'arabesques.

Cette espèce de voûte produit, à égalité de circonstances, moins de poussée que le berceau, et moins encore que la voûte d'arête. En effet, les parties qui la composent (pl. VIII, fig. 17) ont une forme triangulaire dont la base repose entièrement sur le mur qui lui sert de support, et elles diminuent progressivement de volume en s'élevant, de sorte qu'elles présentent une petite masse là où la poussée est produite, au lieu que, dans la voûte d'arête, la partie triangulaire ne repose que sur un angle, et la masse se dilate et augmente en s'élevant.

Les quatre portions qui constituent une voûte en arcs de cloître se relient et se soutiennent mutuellement, de telle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sorte que si la longueur de la voûte n'excède pas la largeur, la poussée devient très médiocre.

Néanmoins on doit observer que le plus grand effort se faisant vers le milieu des côtés, il faut éviter, autant que l'on pourra, d'y faire correspondre des ouvertures d'aucune espèce.

La poussée des voûtes polygones à arête rentrante est d'autant moindre comparativement à celle des voûtes à arcs de cloître, que le polygone a un plus grand nombre de côtés, de sorte que la voûte qui a le moins de poussée est la sphérique ou le cul-de-four à base circulaire. Cette dernière espèce a la propriété de pouvoir être construite sans être soutenue par un cintre, et de pouvoir conserver à son sommet une ouverture plus ou moins grande, sans que la solidité de la voûte en souffre.

Voûtes plates.

Les voûtes plates en pierres de taille ne sont employées généralement que pour les plates-bandes des portes ou des croisées, et pour les architraves des colonnades. Celles destinées à couvrir un espace, sont faites ou en poteries creuses soutenues par des armatures en fer, comme nous l'avons dit pag. 188, ou bien ce ne sont que des solives parallèles peu éloignées l'une de l'autre, et dont les intervalles sont remplis de maçonnerie. Les Égyptiens composaient leurs voûtes plates d'énormes blocs soutenus par de grosses colonnes peu éloignées et placées à égale distance entre elles, comme les arbres d'un quinconce.

Les Grecs et les Romains formaient presque toujours les architraves des colonnades de blocs assez grands pour que leurs extrémités reposassent immédiatement sur le milieu de deux colonnes correspondantes. Quelquefois, cependant, ils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont formé cette portion d'architrave de trois pièces, ainsi que la fig. 22, pl. IX, l'indique, et où l'on remarque que les surfaces des joints ont des tenons *a* (fig. 23) qui entrent dans les mortaises d'égale forme, creusées dans les pierres latérales : on remarque en outre que la portion inférieure *b* des joints est verticale, et que la supérieure est inclinée. Cette disposition, aussi solide qu'ingénieuse, forme, des trois blocs, une seule masse exempte de poussée. Au théâtre de Marcellus, à Rome, les plates-bandes qui soutiennent les retombées des voûtes du second rang des portiques, sont disposées ainsi que nous venons de l'indiquer.

En France, où trop souvent on a abusé des ressources de la Stéréotomie au détriment de la belle Architecture, les architraves de la plupart des colonnades sont composées d'un nombre plus ou moins grand de voussoirs (*a*), qui ne se soutiennent que par l'intermédiaire des armatures et des crampons en fer. Cette méthode vicieuse, que l'on est affligé de retrouver dans les plus beaux monumens de la capitale, ne serait tolérable que dans la supposition que la France fût dépourvue de matériaux pour former les architraves monolithes, où tout au plus de trois pièces, à l'imitation des anciens et des Italiens ; mais cette supposition ne peut être admise en aucune manière, puisqu'il est constaté que la France possède plus de deux cents carrières de marbres, sans compter celles de granites, qui sont en grand nombre. On ne peut donc attribuer l'usage constant de cette méthode, aussi contraire à la solidité qu'à la magnificence dans les monumens publics, qu'à l'incurie et à la pratique routinière des architectes.

Si cependant l'usage des plates-bandes *appareillées*, c'est-à-

(*a*) Les voussoirs des voûtes plates se nomment ordinairement *claveaux*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dire composées de plusieurs voussoirs, doit être proscrit lorsqu'il s'agit d'ériger de grands monumens qui devraient être transmis à la postérité, on peut s'en servir dans les constructions moins durables, et dont l'économie est la condition première.

Si l'on fait un modèle de voûte plate appareillée, en marbre poli, on verra qu'elle ne peut se soutenir par elle-même, quelle que soit l'épaisseur des pieds-droits. En effet, les efforts qu'exercent réciproquement les voussoirs d'une voûte quelconque par suite de leur pesanteur, ne peuvent se correspondre si les surfaces des joints ne sont pas perpendiculaires à l'intrados, et si conséquemment elles ne font pas des angles droits. Mais quand les joints font des angles inégaux plus ou moins aigus, il en résulte que les efforts ne se correspondront pas, comme on peut le juger (pl. IX, fig. 16) en tirant des perpendiculaires aux joints; dans ce cas, une portion de la pression exercée par quelques-uns des voussoirs tend à faire remonter les autres, de manière que s'ils ne sont reliés entre eux, la voûte devra s'écrouler. Les voûtes planes horizontales sont dans ce cas; car, pour que les pierres puissent se soutenir mutuellement, il faut (fig. 16) leur donner la forme de coin, et incliner tous les joints vers un même point *c;* ainsi les angles qu'ils forment sont inégaux.

Pour remédier à ce défaut, il faudrait tirer du point *c* deux arcs concentriques, dont l'un parte du point *r* et l'autre du point *m*, et prolonger les voussoirs jusqu'à la rencontre de l'arc supérieur. Alors la portion comprise entre les deux arcs serait la véritable voûte, le surplus servirait seulement à donner une forme plane à l'intrados; et l'on pourrait, sans inconvénient, tailler perpendiculairement la portion de ces joints compris dans le dernier espace.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au lieu de donner une forme courbe à l'extrados d'une plate-bande appareillée, on peut (fig. 24, pl. IX) se limiter à donner aux voussoirs une longueur progressivement plus grande jusqu'à la clef, et les disposer par échelons. Plusieurs architectes, à l'exemple de Vignole, se sont servis, en pareil cas, de cet appareil à crossette.

Si la disposition de l'édifice exige que l'extrados des plates-bandes soit une surface plane parallèle à l'intrados, il faudra alors relier les voussoirs de manière qu'aucun d'eux ne puisse remonter, tandis que les autres tendent à descendre.

Le moyen le plus simple, lorsque les voussoirs sont en petit nombre et formés de pierres fortes, est d'insérer dans les joints des cailloux ou de petits cubes en lozange (pl. IX, fig. 29), ainsi que Philibert Delorme le conseille.

Dans les pays où la pierre a beaucoup de consistance, on fait les joints des plates-bandes à crossettes (pl. IX, fig. 28). Ce moyen a l'avantage d'éviter la forme de coin. Il ne faut pas cependant faire les crossettes trop grandes; il n'est pas nécessaire de leur donner plus de 2 ou 3 pouces, et il faut que la partie au-dessous soit au moins deux fois plus grande que la saillie.

Dans les endroits où la pierre n'a qu'une force médiocre, comme à Paris, et où l'on est obligé de multiplier le nombre des voussoirs lorsque les plates-bandes ont une étendue notable, il faut nécessairement avoir recours aux armatures de fer.

Les plates-bandes de la colonnade du Louvre (pl. IX, fig. 13) sont composées d'un double rang de claveaux en liaisons, dont l'un correspond à l'architrave et l'autre à la frise. Ces claveaux sont entretenus par deux chaînes ou tirans de fer arrêtés à des ancres qui forment le prolongement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'axe des colonnes. Les claveaux sont réunis par des goujons en forme de Z : un tirant perpendiculaire à la plate-bande la retient au mur.

Les plates-bandes de Saint-Sulpice (fig. 14, pl. IX) sont formées de deux rangs de claveaux, dont les joints se correspondent. Les claveaux du rang inférieur sont traversés par des barres de fer horizontales.

Ces barres, de deux voussoirs en deux voussoirs, sont soutenues par des étriers qui s'accrochent à d'autres barres placées sur l'extrados. Le second rang de claveaux est surmonté d'une armature en fer; quatre étriers réunissent cette armature aux barres du rang inférieur.

Au portique de Sainte-Geneviève (pl. IX, fig. 15) les claveaux des plates-bandes ont un arc évidé au-dessus. Les claveaux sont suspendus par deux rangées de goujons en forme de T, dont les têtes sont enfilées dans un tirant *tt*, arrêté aux ancres, qui s'élèvent perpendiculairement au-dessus des colonnes. Des deux côtés de l'arc A sont placées des barres verticales *bb*, auxquelles sont accrochés des étriers *cc*, qui supportent les claveaux du milieu BB, qui sont réunis par un fort boulon *dd*.

Dans ce système, qui est dû à Rondelet, les poussées des arcs et des plates-bandes se détruisent mutuellement; car il est évident que les plates-bandes ne peuvent agir sans rapprocher les premiers voussoirs des arcs auxquels elles sont suspendues, tandis que, d'un autre côté, ces arcs, chargés d'une partie du poids des plates-bandes, ne peuvent céder à cet effort sans soulever les plates-bandes auxquelles sont accrochés les étriers, qui empêchent les premiers voussoirs de s'écarter.

« D'après ce procédé, dit Rondelet, on aurait peut-être pu diminuer beaucoup le nombre des fers employés à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette construction, tels que les T, les barres qui les enfilent, et les étriers marqués *nn*. Il suffisait de quelques goujons scellés dans des joints, afin d'empêcher les claveaux de glisser ou d'agir comme des coins.»

Coupoles ou dômes.

S'il est vrai, comme la raison semble le persuader, que toutes les parties d'un édifice doivent avoir un but déterminé, ou de solidité, ou de convenance, dans ce cas les coupoles devront être considérées comme des superfétations aussi inutiles que dispendieuses; elles ne servent qu'à détruire la simplicité et l'unité que l'on admire dans les beaux monumens de la Grèce et de Rome.

Cette invention, née dans des temps barbares, conserve encore, quoique embellie, le caractère de son origine; elle surprend le vulgaire, mais elle ne satisfait point l'homme de goût.

Ressouvenons-nous de ne pas confondre les coupoles avec les voûtes sphériques simples. Ainsi le comble du Panthéon de Rome n'est point une coupole, mais une simple voûte sphérique superposée à des murs circulaires de même diamètre.

La première coupole fut celle de Sainte-Sophie, à Constantinople, érigée dans le sixième siècle, par ordre de l'empereur Justinien. Cette grande coupole, qui a 108 pieds de diamètre, repose sur quatre arcs, soutenus par de gros piliers. Sainte-Sophie servit de modèle à l'église de Saint-Marc à Venise, bâtie dans le neuvième siècle, et réédifiée dans le onzième; cette église a cinq coupoles, dont la plus grande a 45 pieds de diamètre.

La plus considérable de toutes les coupoles est celle de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Saint-Pierre à Rome, qui a intérieurement 127 pieds de diamètre.

La voûte d'une coupole doit avoir intérieurement une forme hémisphérique; mais, si elle conservait cette forme à l'extérieur, on ne la distinguerait presque pas, à cause de sa grande élévation. Voilà pourquoi on a imaginé de renfermer cette voûte dans une plus élevée, comme la fig. 7, pl. VIII, l'indique.

Les premières coupoles doubles que l'on connaisse sont celles de Saint-Marc, dont nous venons de parler. Vient ensuite celle de la cathédrale de Florence, qui fut érigée au commencement du quinzième siècle, par le célèbre Bruneleschi. Cette grande voûte octogone a intérieurement 130 pieds de diamètre.

Ainsi une coupole résulte ordinairement de deux voûtes réunies à leur base, dont une, hémisphérique, doit être vue au dedans, et la seconde, elliptique ou parabolique, doit être vue au dehors. Il suffit que la première soit en maçonnerie; la seconde peut être formée par des cintres en planches, qui supportent une couverture en plomb, comme le sont les coupoles de Venise.

Les coupoles des Invalides et de Sainte-Geneviève, à Paris, sont triples. La première est hémisphérique, à l'ordinaire, et a une grande ouverture circulaire dans le milieu. La seconde n'a point d'ouverture à son sommet; mais seulement des fenêtres dans son pourtour inférieur, qui, sans être vues, répandent de la lumière dans le haut, qui est peint. Enfin la troisième est celle qui doit être vue extérieurement; celle-ci a aussi des fenêtres, pour que la lumière puisse s'introduire entre les deux premières.

Le tambour des coupoles est entouré de colonnes, qui sont ou accouplées, comme à Saint-Pierre à Rome, ou bien distri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

buées à égales distances, comme à Saint-Paul à Londres, ou à Sainte-Geneviève à Paris. Enfin la coupole est surmontée par une autre plus petite coupole, à laquelle on a donné le nom de *lanterne*.

Nous croyons inutile d'exposer de plus amples détails sur cette espèce de construction, qui nous paraît essentiellement vicieuse et superflue.

Voûtes postiches.

On appelle ainsi des voûtes formées par des cintres en planches; d'autres planches sont clouées à plat sous ces cintres, et forment l'intrados de la voûte, que l'on peut couvrir de peinture et d'ornemens légers en relief.

Les anciens faisaient usage de ces sortes de voûtes. Vitruve les décrit (liv. VII, chap. 3).

« Si l'on veut, dit-il, figurer des voûtes dans les chambres, on les forme avec des courbes ou cintres de planches, qu'on place perpendiculairement à la distance de deux pieds l'un de l'autre : on les fixe au plancher ou au toit, à l'aide de liernes reliées par des chevilles de fer. Ces liernes seront formées d'une espèce de bois qui ne soit point sujet à se corrompre par l'humidité, ni à se déjeter et à se tordre.

» Les courbes étant placées, on attache à leur partie inférieure des cannes grecques avec des cordes de jonc ou de sparte d'Espagne; on recouvre ensuite de mortier le dessus de la superficie formée par ces cannes, et cela pour les garantir des gouttes d'eau qui pourraient tomber des planchers ou des toits qui les soutiennent.

» On peut substituer de jeunes roseaux de marais aux cannes grecques; on réunira ces roseaux par des liens qui ne soient pas à plus de deux pieds de distance les uns des autres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et on les arrêtera aux courbes avec des cordes de jonc et des chevilles de bois.

» Ces voûtes étant ainsi garnies de cannes ou de roseaux, on y applique une première couche d'enduit de mortier rude, puis une seconde avec du sable plus fin, et enfin une couche de stuc fait avec du marbre pulvérisé; et l'on polira le tout.

» Les corniches que l'on placera sous la voûte devront être aussi légères que faire se pourra; car, si elles étaient trop lourdes, elles pourraient se détacher. Il faut employer à cet usage peu de plâtre, et préférer le stuc de poudre de marbre, de peur que le plâtre venant à durcir plus promptement que le mortier ou le stuc, l'ouvrage n'en souffre une dessiccation inégale.

» Il faut aussi éviter de faire les mêmes corniches trop saillantes, pour prévenir le danger de leur chute. Le stuc employé dans les salles de réunion où l'on allume du feu et plusieurs lumières, doit être de nature à pouvoir être nettoyé facilement. Les enduits n'auront pas autant besoin de cette propriété, lorsqu'ils devront être employés dans les appartemens d'été, qui ne peuvent être gâtés ni par la suie ni par la fumée. Au reste, l'éclat et la beauté des stucs blancs peuvent être ternis, non-seulement par la fumée intérieure, mais encore par celle des édifices voisins. »

Cette même méthode décrite par Vitruve est encore en usage à Rome, à Venise, et dans presque toute l'Italie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

Des planchers et des combles.

Les planchers sont ordinairement formés de pièces de bois horizontales et parallèles, également espacées, et dont la longueur est égale à la distance, entre les murs qui doivent les soutenir. Ces pièces de bois se nomment *solives*.

Le meilleur bois pour former les solives, est celui qui réunit en lui la force et la légèreté, qui est droit et nerveux, et dont la texture uniforme n'est pas interrompue par l'insertion irrégulière des nœuds. Le cèdre, le larix, et quelques autres espèces analogues de bois résineux, sont ceux qui remplissent le mieux ces conditions. Aussi les Grecs et les Romains leur ont-ils accordé la préférence, ainsi que le font encore les Italiens.

En effet, la gravité spécifique moyenne des espèces de bois que nous venons de désigner, n'est qu'environ les deux tiers de celle du chêne, et leur force est à peu près égale. Perronet a reconnu expérimentalement que le rapport moyen des résistances horizontales du chêne et du sapin ordinaire est comme 126 à 115; et l'on doit observer que cette qualité de bois résineux est moins forte que le cèdre et le larix. Outre cela, le chêne est plus sujet à se fendre, à se tourmenter, et à devenir cassant, par l'effet de la sécheresse : conséquemment, le chêne ne doit être employé pour former les planchers, que dans les cas où les circonstances locales l'exigent impérieusement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si la nécessité veut que l'on fasse usage du chêne, il faut choisir le bois de l'espèce à gros glands, qui est plus léger, plus liant, plus ferme, plus élastique, plus droit, et d'une texture plus uniforme que celui de l'espèce à petits glands.

Quel que soit d'ailleurs le bois que l'on emploie pour former un plancher, il faut, 1° que toutes les solives soient d'une même qualité de bois, également fort, également droit, également sec; 2° toutes les solives doivent être bien dressées, d'un équarrissage égal et très régulièrement espacées.

L'espacement auquel on donne généralement la préférence, est celui qui rend les vides égaux en largeur aux pleins; dans ce cas, l'expérience a prouvé que les solives de bon bois auront une solidité suffisante, si, étant équarries régulièrement, on leur donne, en longueur, 24 fois leur épaisseur.

Les expériences faites par plusieurs savans ayant démontré unanimement que les pièces de bois horizontales, engagées solidement par leurs bouts, sont capables de supporter, avant de se rompre, un poids double de celui qu'elles soutiendraient si leurs extrémités étaient seulement appuyées, il importe donc essentiellement de fixer fortement les deux bouts de chaque solive.

Les anciens, au lieu d'insérer les solives dans les murs, les appuyaient sur des modillons saillans, auxquels des liens métalliques les fixaient inébranlablement. Cette méthode coûteuse a l'avantage de ne pas affaiblir les murs.

Les modernes obtiennent un effet analogue, à l'aide des *lambourdes*. On appelle ainsi (pl. II, fig. 9, 10) les pièces de bois *aaaa* posées le long des murs. Les lambourdes sont encastrées de 3 ou de 4 pouces dans l'épaisseur des murs; et sont soutenues par des corbeaux de fer scellés à environ 6 pieds de distance les uns des autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les solives sont encastrées dans les lambourdes à queue d'aronde et à recouvrement, ainsi que les figures 9, 10 l'indiquent. Les lambourdes ont ordinairement une largeur égale à celle des solives et un tiers de plus d'épaisseur. Les têtes de solives doivent être solidement chevillées.

Partout où il y a des cheminées on doit laisser un vide B (fig. 7) dans la charpente du plancher. La pièce *cc* se nomme *chevêtre*, et est assemblée à tenons et mortaises avec des solives *dd*, dont l'équarrissage doit avoir un pouce de plus dans les deux sens.

Il faut éviter que les solives aient aucun mouvement oscillatoire. A cet effet, lorsqu'elles sont fort longues, on place de distance en distance, dans les vides, les morceaux *ee*, nommés *étrésillons*, que l'on fait entrer de force pour contrebuter les solives. Le meilleur moyen de donner aux planchers toute la fermeté possible, est de remplir tous les intervalles en maçonnerie.

Les planchers ainsi formés se nomment *planchers hourdés pleins*.

Le célèbre Sansovino a mis en usage, à Venise, une méthode d'affermir les planchers, qui portent encore son nom. On couvre chaque intervalle par de fortes planches posées en long, bien chevillées, et l'on pose dessus un second rang de planches, qui croisent perpendiculairement les premières.

Les vides B, qui correspondent aux cheminées, sont remplis par une grande dalle de granite, ou bien par de petites voûtes bandées en briques ou en moellons. A Paris, on se contente d'une maçonnerie en plâtre, soutenue par deux ou trois barres de fer plates et coudées, qu'on appelle *bandes de tremie*.

Lorsqu'un plancher doit couvrir une chambre ou une salle qui ait une largeur plus grande que la longueur des pièces de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois disponibles, on se sert de *poutres*, qui ne sont autre chose que de plus fortes solives, que l'on place régulièrement à 10 ou 12 pieds l'une de l'autre, et qui sont destinées à supporter des rangées de solives placées perpendiculairement à la longueur des poutres sur lesquelles reposent leurs extrémités. Les espaces compris entre les poutres se nomment *travées*. Communément on donne à la longueur des poutres 18 fois leur épaisseur.

Serlio a inventé un combinaison fort ingénieuse pour former des planchers avec des poutres ou des solives qui ne sont pas assez longues pour aller d'un mur à l'autre. Les poutres ou les solives qui composent ce plancher (pl. II, fig. 6) se croisent perpendiculairement et peuvent former des carrés plus ou moins grands à volonté. Chaque pièce repose, d'un côté, sur le mur, et, de l'autre côté, elle est assemblée ou à tenon, ou à mi-bois, sur le milieu d'une autre pièce qu'elle rencontre perpendiculairement. La méthode de Serlio est plus simple, plus solide, plus régulière qu'aucune de celles qui ont été proposées postérieurement pour former les planchers avec des pièces de bois d'une longueur qui ne peut atteindre les deux murs opposés.

En Hollande, on se sert de la méthode indiquée (pl. II, fig. 5). Les pièces de bois *aa* sont posées sur les murs en travers des angles; les pièces *bb* appuient un de leurs bouts sur le mur, et sont assemblées de l'autre dans des pièces correspondantes *cc*; les autres sont réunies entre elles à tenons et mortaises.

Les pièces qui composent cet assemblage forment des angles plus ou moins aigus et des compartimens irréguliers : toute la charge du plancher est supportée par le petit nombre de pièces qui reposent sur les murs, tandis que dans le système

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Serlio les angles sont droits, les compartimens carrés, et toutes les extrémités du système en long et en large reposent également sur les murs.

La méthode que nous venons d'indiquer a été mise en usage à Paris et modifiée avec plus ou moins de régularité, mais aucune de ces modifications n'est exempte des défauts que nous venons de signaler. Voilà pourquoi nous croyons qu'il est convenable, sous tous les rapports, de donner la préférence au système de Serlio.

Quelques planchers ont été construits sans poutres ni solives; on les a formés de trois rangs de planches (pl. II, fig. 4) assemblées à rainures et languettes; ces planches sont posées en travers les unes sur les autres. Des lambourdes qui s'appuient le long des murs, ont une entaille horizontale pour recevoir les extrémités des trois rangs de planches. On donne à cette sorte de planchers un bombement d'une ligne environ par pied.

Depuis environ 30 ans on construit assez fréquemment à Paris, des planchers formés par des armatures en fer, dont on remplit les intervalles par des parallélépipèdes creux en poterie. Les fig. 11 et 12, pl. II, représentent une de ces armatures qui est composée de deux barres; l'une, courbée en arc, est retenue par l'autre; les bouts sont assemblés à redans, comme la figure A l'indique.

Ces barres sont liées entre elles, 1° par des brides ou petites moises, placées à distances égales, qui empêchent que les bandes ne s'écartent; 2° par des potelets intermédiaires qui interdisent leur rapprochement. Pour un plancher qui a 20 pieds de largeur, on donne à chacune des barres d'une armature 30 lignes de largeur sur 1 pouce d'épaisseur, posées de plat; la flèche de l'arc est de 6 pouces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les armatures (fig. 12) placées à 4 pieds de distance l'une de l'autre sont liées entre elles par des barres *b b* de 18 lignes de largeur sur 9 lignes d'épaisseur, terminées par des crochets qui fixent les grandes barres droites.

Chaque armature est surmontée par un *tirant* (fig. 11) en fer plat, fixé, ainsi que la barre droite de l'armature, par un ancre *aa* à l'extérieur du mur.

Le dessus des planchers doit être couvert par un pavé en maçonnerie ou par un parquet en menuiserie.

Les anciens ne négligeaient ni soin ni dépense pour donner aux pavés tout l'éclat et toute la solidité dont ils étaient susceptibles. Leurs pavés étaient formés ou de dales en marbre, posées sur un massif continu en maçonnerie, ou bien en béton.

Pavés en béton.

Voici les détails que Vitruve donne, au 1^er^ chap du VII^e^ liv., sur la construction des *aires* ou pavés antiques en béton :

« Le pavé doit-il être construit au rez-de-chaussée? On examinera en premier lieu si le sol a partout la consistance nécessaire, sans cela il faudra le consolider en le battant; puis, pour le disposer à recevoir le massif du pavé, il suffira de faire une première couche de maçonnerie en blocaille.

» Si le pavé doit reposer sur un plancher, il faudra observer qu'aucun mur ne se trouve sous sa portée, car si cette partie résiste et que le surplus fléchisse, il en résultera nécessairement des crevasses dans le pavé.

» Il faut faire attention de ne pas employer des planches d'une espèce de bois sujet à gauchir et à se tourmenter par l'humidité; et quand on ne peut se dispenser de s'en servir, il faut les tenir très minces, et les assujettir fixement par un grand nombre de cloux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Les planches seront couvertes par un lit de fougère ou de paille pour les garantir des effets caustiques de la chaux; dessus ce lit sera placée la première couche, appelée *statumen;* elle sera formée avec des pierres de grosseur à pouvoir être contenues dans la main. La seconde couche, qui se nomme *rudus*, sera composée de béton, formée avec des recoupes de pierres, lesquelles, si elles sont neuves, ne veulent dans leur mélange qu'un tiers du volume en chaux; et si elles sont vieilles, elles en veulent les deux cinquièmes. Cette couche doit être battue et comprimée avec des battes en bois jusqu'à ce que le massif soit réduit aux $\frac{3}{4}$ de son épaisseur primitive, qui était d'abord d'un pied.

» La troisième couche, appelée *nucleus*, doit avoir 6 doigts d'épaisseur, et être composée de trois parties de tuileaux pilés avec une partie de chaux. C'est sur cette troisième couche que l'on pose le pavé, à la règle et au niveau; ce pavé peut être ou en carreaux ou en mosaïque.

» Le pavé en carreaux, quelle que soit leur forme, triangulaire, carrée, rhomboïde, hexagone, doit être soigneusement frotté à sa superficie, pour faire disparaître toutes les inégalités et réduire le plan parfaitement lisse.

» Les petits cubes qui composent le pavé en mosaïque doivent avoir les angles bien égaux; et pour que leur surface supérieure se trouve dans un même plan, il faudra les frotter autant qu'il sera nécessaire.

» On fait aussi des pavés à la *tiburtine*, c'est-à-dire, avec de petites briques posées de champ et disposées en épi. Il faut que ce pavé soit dressé avec soin à la règle pour qu'il n'y ait ni enfoncemens ni saillies; on le recouvre ensuite avec un enduit en mortier de chaux et sable, sur lequel on tamise de la poudre de marbre et on lui donne le poli en le frottant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Si le pavé placé sur un plancher doit se trouver à découvert, il faut alors apporter encore plus de soin à sa construction, d'autant plus qu'il se trouvera immédiatement exposé aux mauvais effets de la gelée et des brouillards; et le plancher éprouvant de fréquentes contractions et dilatations par l'humidité et la sécheresse, pourra s'affaisser, se courber, et endommager le pavé.

» Si la nécessité oblige de construire cette espèce de pavé, les précautions suivantes le rendront moins défectueux. Après avoir cloué une première suite de planches sur les solives, on en posera une seconde en travers, qui sera duement clouée et chevillée; on posera ensuite la première couche, formée avec deux tiers de recoupes de pierres neuves, un tiers de tuileaux pilés et mélangés avec un volume de chaux égal aux deux cinquièmes du tout. La seconde couche étant posée et massivée, il faut que l'épaisseur totale ait au moins 1 pied: sur la troisième couche, on fixera des petits cubes d'environ 2 pouces en tous sens. Le pavé doit avoir une pente de 2 pouces sur 10 pieds; s'il est bien exécuté et bien dressé, il ne sera sujet à aucune dégradation. Pour que le mortier qui unit les petits cubes ne souffre point de la gelée, il faudra, tous les ans, avant l'hiver, en imbiber la superficie avec de la crasse d'huile.

» Il est un moyen de donner au pavé une solidité encore plus grande; il consiste à placer entre la seconde et la troisième couche une assise de grandes briques carrées de deux pieds, dont on creusera le contour en forme de canal, et cela pour pouvoir lier fortement l'une à l'autre par l'introduction d'un mastic composé de chaux broyée avec de l'huile. Lorsqu'on mettra en œuvre ces briques, on rendra leur union parfaite en les frottant sur les joints l'une contre l'autre. Aussitôt que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le mastic aura fait prise, il ne sera plus possible à l'eau ni à aucune autre substance de s'insinuer par les joints. Au-dessus de cette assise de briques, on formera la troisième couche de béton, puis on posera le pavé en petits cubes ou bien en briques de champ et en épi, et cette construction aura une longue durée. »

Vitruve décrit, au chapitre IV du 7e livre, une sorte de pavé dont les Grecs faisaient usage dans leurs salles à manger et dans les appartemens d'hiver, au rez-de-chaussée.

« On creuse, dit-il, 2 pieds au-dessous du niveau du pavé de la salle; et après avoir battu le sol pour le consolider, on étend dessus une couche de béton ou un pavé en briques, dont le milieu, étant plus élevé, forme des pentes de chaque côté qui aboutissent dans un canal ou égout. On étend sur ce massif un lit de charbon bien battu, que l'on couvre d'un enduit composé de chaux, de sable fin et de charbon pilé. Ce lit, qui a un demi-pied d'épaisseur, doit être dressé par dessus au niveau et à la règle, et être poli. Ce pavé noir a la propriété d'absorber les liqueurs que les convives pourraient répandre, et de ne faire éprouver aucune fraîcheur à ceux qui marchent dessus. »

A Naples, où la plupart des maisons sont couvertes de terrasses, on forme le pavé de ces terrasses, nommé *lastrico*, de la manière suivante : d'abord on bouche avec de la chaux les joints du plancher, et on étend dessus un lit de petites pierres à sec, de 2 pouces environ de grosseur; puis on dépose dessus une couche de béton, formée de chaux et de *lapillo* (petites pierres volcaniques de la grosseur d'un œuf de pigeon). Cette couche a d'abord 7 ou 8 pouces d'épaisseur, que la massivation diminue d'un quart. Les ouvriers qui font cette opération se servent de battes en bois, et frappent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord fortement dans un sens, et ensuite ils croisent leurs coups en sens opposé, mais avec moins de vigueur; ils répètent ce travail jusqu'à trois fois, en mettant un jour d'intervalle entre chaque battue. Enfin, ils couvrent le *lastrico* de terre, et le laissent ainsi couvert près de deux mois. Le *lastrico* acquiert une telle dureté, qu'on se sert des vieux débris, en guise de pierre de taille, pour faire des marches d'escalier et des appuis de croisées.

Le pavé nommé à Venise *terrazzo* a beaucoup d'analogie avec les pavés antiques décrits par Vitruve; mais il a une épaisseur moitié moindre, car elle excède rarement 4 pouces; d'ailleurs, il n'a que deux couches au lieu de trois. Aussi, le *terrazzo* n'est pas à beaucoup près aussi solide et aussi durable que les pavés antiques, dont on admire encore des restes parfaitement conservés au Colisée, aux thermes de Caracalla et de Titus, à la ville Adrienne, à Pompeïa, et dans plusieurs autres endroits.

Le *terrazzo*, lorsqu'il est fait avec soin et qu'il est bien entremêlé, forme un pavé bien moins coûteux que ceux de marbre et qui a le même éclat.

Si le *terrazzo* doit être fait au rez-de-chaussée, après avoir convenablement battu le terrain, on forme un massif continu de maçonnerie d'une médiocre épaisseur. S'il doit être posé sur un plancher, il faut que les solives soient plus fortes qu'aux planchers ordinaires, et qu'elles soient espacées tant plein que vide; les planches doivent avoir 1 pouce environ d'épaisseur et être bien clouées: on couvre ces planches d'un lit de paille. La première couche est composée d'un mélange de briques pilées grossièrement, de recoupes de pierres et de bonne chaux, mêlées à portions égales: on l'étend de niveau à l'aide de rateaux à dents de fer; puis, après l'avoir laissée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reposer un jour ou deux, on la bat fortement avec une barre de fer coudée et un peu arrondie. Les coups se frappent d'abord parallèlement dans un sens, et ensuite, après un jour d'intervalle, on recommence à battre dans un autre sens, en croisant les premiers coups; on continue à frapper par intervalles jusqu'à ce que les coups ne laissent presque plus de traces.

La seconde couche est formée de tuileaux pilés et d'une quantité à peu près égale de chaux éteinte; cette couche est comprimée et étendue à l'aide de truelles à long manche. Sur cette couche on sème des petits fragmens de marbre différemment colorés, qu'on y fait entrer en roulant dessus un cylindre de pierre; on bat ensuite cette seconde couche comme la première, et après dix ou douze jours on la frotte avec un morceau de grès inséré dans un manche de bois. Le grès use la superficie raboteuse des morceaux de marbre et la rend unie; mais comme il forme des petites cavités dans le ciment qui les entoure, on bouche ces cavités avec du ciment très fin, auquel on donne la couleur que l'on veut faire dominer dans le pavé. On lustre le tout avec une truelle polie; et enfin on finit le pavé en étendant dessus une ou deux couches d'huile de lin très chaude. Le pavé, ainsi construit, paraît être composé d'un seul bloc de granite.

Quelquefois, au lieu de semer confusément les fragmens de marbre, on les dispose régulièrement, et l'on en forme une espèce de mosaïque. A cet effet l'on se sert, 1° d'un carton piqué sur lequel est tracé le dessin que l'on veut configurer sur le pavé; on le ponce avec du charbon pilé: 2° de cartons découpés qu'on applique sur le tracé et qui ne laissent paraître que ce qui doit être de même couleur, de sorte que l'on peut aisément y placer les petits morceaux de marbre de cette couleur; on les enfonce dans l'enduit en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frappant avec un morceau de bois plat. Il faut changer de carton à chaque couleur, jusqu'à ce que tous les compartimens soient garnis; puis on passe le cylindre de pierre sur le pavé, on frotte avec le grès et l'on polit avec la truelle; ensuite, pour rendre les contours plus nets, on les trace avec une pointe d'acier et on remplit le trait avec du noir de fumée broyé avec de l'huile de noix.

Carrelage.

Le carrelage est le genre de pavé le plus usité à Paris. Il est formé par des briques hexagones ou carrées, scellées sur une couche de poussière et de plâtre.

Les carreaux de forme carré servent pour paver les boutiques et les cuisines; ils ont de 6 à 8 pouces sur chaque face et 1 pouce d'épaisseur. Les appartemens sont pavés en carreaux hexagones, qui ont de 4 à 6 pouces en tous sens et 8 lignes environ d'épaisseur.

Les carreaux de Bourgogne sont ordinairement mieux cuits, plus forts et plus durs que ceux provenant des fabriques établies dans les faubourgs et dans les environs de Paris; mais ceux-ci sont en revanche mieux moulés.

Un ouvrier et un garçon consomment environ trois heures de temps pour former un carrelage soigné d'une toise superficielle, avec des petits carreaux hexagones, y compris le temps de monter la poussière et le gravois, et de faire et de dresser l'aire. Ce carrelage exige environ un pied cube de plâtre.

On fait usage de carreaux de faïence blanche ou colorée pour paver les planchers et revêtir les murs des lieux d'aisance. Ces mêmes carreaux servent aussi à revêtir le dessus et le devant des fourneaux, ainsi que l'intérieur des jambages de cheminées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les vestibules, les paliers des escaliers, les salles à manger, ont ordinairement un pavé composé de carreaux octogones en pierres de liais, qui forment un compartiment régulier avec de petits carrés en ardoise posés en lozange.

Parquets.

L'observation a fait connaître que les planches de sapin ou de chêne qui ont beaucoup de longueur et de largeur, et peu d'épaisseur, sont sujettes à se gauchir et à se bomber dans le milieu, malgré qu'elles soient réunies à rainures et à languettes. On a cherché conséquemment à éviter cet inconvénient par l'emploi de petites planches, qui n'ont que 3 ou 4 pouces de largeur sur 15 ou 18 lignes d'épaisseur, et on les a disposées en compartiment à point de Hongrie ou en épi (fig. 18, pl. II). Cette disposition fort simple est en même temps solide et agréable à la vue.

On appelle parquets d'assemblage ceux usités dans les beaux appartemens. Ils sont composés d'un certain nombre de cadres (fig. 19) nommés *feuilles*, qui ont 3 pieds de longueur et de largeur, et de 15 à 20 lignes d'épaisseur. Chaque *feuille* contient un entrelacement de traverses assemblées à tenons et mortaises; elles laissent entre elles des carrés que l'on remplit par de petits panneaux ajustés, dans les traverses, à rainures et à languettes. Le bois doit être bien sec, et ne doit être mis en œuvre, pour former les parquets, que 3 ou 4 ans après qu'il a été débité.

Les *feuilles* qui doivent composer un parquet se posent sur des *lambourdes* placées en travers sur les solives, bien arrêtées et dressées par dessus ; on les dispose carrément ou en lozange.

On fait dans les salons très ornés des parquets composés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de bois différemment colorés, qui produisent de riches compartimens. Il faut que toutes les pièces soient assemblées à rainures et à languettes, avec beaucoup de soin.

Soffites et plafonds.

Dans le quatorzième et le quinzième siècle les planchers des appartemens laissaient apercevoir en dessous les poutres et les solives dont ils étaient composés; mais ces pièces de charpente étaient richement ornées de moulures, de dorures et de peintures. On couvrit ensuite cette charpente de tableaux placés dans des encadremens sculptés et dorés, ainsi qu'on le voit dans les salles magnifiques du palais ducal à Venise, et dans plusieurs églises de cette même ville et de Rome. Quelquefois on appliquait au-dessous des planchers un revêtement en bois qui imitait les caissons réguliers des voûtes. Un des beaux plafonds de ce genre est celui de Sainte-Marie Majeure, à Rome, qui est formé par cinq rangs de caissons carrés ornés de moulures, de rosaces et de rinceaux dorés sur fond blanc.

Pour former les plafonds ordinaires, en Italie, on recouvre le dessous du plancher de roseaux entrelacés avec des cordes de jonc, et on applique sur ces roseaux une couche de mortier rude, puis une ou deux autres couches de mortier plus fin. A Paris, on cloue sous les solives de minces *lattes* en bois; on applique sur ces *lattes* jointives deux couches, ayant ensemble 10 lignes environ d'épaisseur; elles sont composées d'un mortier de chaux, de bourre et d'argile douce.

Des combles.

Les combles sont destinés à couvrir les édifices, et à empêcher que l'eau ne puisse pénétrer dans l'intérieur. Les combles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les plus solides et les plus durables sont ceux (pl. IX, fig. 4) formés par des voûtes extradossées en pente, surtout s'ils sont recouverts en dalles de pierre ou de marbre, comme le pratiquaient les anciens, et comme on le voit à l'église cathédrale de Milan.

Les combles dont on fait le plus fréquemment usage sont en bois. Des armatures triangulaires placées régulièrement à distances égales, en forment la carcasse et se nomment *fermes*. Les fermes sont reliées par des pièces horizontales et parallèles, nommées *pannes*. Sur les pannes sont clouées perpendiculairement des pièces de moindre équarrissage, parallèles et également distantes entre elles. Ces pièces, appelées *chevrons*, sont recouvertes ou par des planches, ou par un carrelage de grandes briques, sur lesquelles on pose les tuiles, qui forment le complément du comble. Dans la fig. 1, pl. XI, AA indique une *ferme*, *bbbb* les *pannes*, *cccc* les *chevrons*.

La solidité et la régularité exigent que les combles soient formés par des plans droits sans inflexion depuis le sommet jusqu'à la gouttière. Cette disposition produit plusieurs avantages : 1° elle donne aux fermes une forme triangulaire qui, comme nous l'avons dit page 96, a la propriété de rendre tout système de charpente aussi fort et aussi inébranlable qu'il peut l'être; 2° elle est la plus favorable au libre écoulement des eaux pluviales; 3° elle permet de ne donner aux combles que l'élévation strictement nécessaire, et elle affranchit de la fâcheuse alternative de présenter, dans quelques parties, une inclinaison démesurée, et dans d'autres, une pente insuffisante. Aussi cette disposition est celle que les anciens et les grands maîtres des écoles d'Italie ont constamment adoptée.

Il résulte de ce que nous venons de dire, que les combles à la *Mansard*, ou *mansardes* (pl. XI, fig. 6), qui présentent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans leur profil 4 pentes, sont une invention essentiellement défectueuse, qui ne doit être tolérée que dans les constructions les plus modestes, dont l'unique but est d'obtenir avec la moindre dépense possible le plus grand nombre de chambres ou de cabinets habitables; mais elle doit être rejetée non-seulement dans la construction de tout édifice public, mais encore dans celle des maisons ornées et apparentes. En parcourant les rues de Paris on est affligé d'observer que des énormes *toits à la Mansard* semblent écraser les plus somptueux édifice de cette grande capitale. Ces combles, défigurés par une multitude de fenêtres et de lucarnes, surmontés par des cheminées très élevées, présentant des pentes et des flections irrégulières, et, ayant une teinte noire, font un étrange contraste avec la légèreté et la richesse des autres parties.

Dans le cas où l'on serait obligé de rendre habitable le dessous du comble, il sera plus convenable de former une voûte régulière en briques, ou bien une voûte postiche, soit avec des cintres en planches, soit avec des armatures en fer.

En comparant les combles en usage en Italie et dans les départemens méridionaux de la France, avec ceux que l'on construit habituellement à Paris, on reconnaît évidemment combien les bois résineux, tels que le larix et le sapin, sont préférables au chêne pour en former la charpente. En Italie, cette charpente, aussi simple que régulière, résulte d'un petit nombre de parties, dont la réunion ne présente ni tenons, ni mortaises, ni entailles profondes; les bois qui les composent n'étant pas sujets à se tordre, et ayant les fibres droites, sont équarris à vives arêtes; et leur ensemble présente un air de propreté qui satisfait la vue. A Paris, les charpentes sont composées d'une multitude de petites pièces de bois de chêne, grossièrement équarries, remplies de flaches, et souvent cour-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bées irrégulièrement. Les pièces assemblées à tenons et mortaises offrent une complication de *blochets*, de *jambettes*, de *faux-entraits*, de *liens*, *d'esseliers*, et de plusieurs autres parties ayant des dénominations diverses et qui sont cependant nécessaires pour empêcher le déversement des fermes par l'effet du bois qui tend à gauchir et à se tourmenter.

L'inclinaison des combles doit varier suivant les climats. Dans les pays chauds et secs, comme par exemple en Egypte, de simples plates-formes ou terrasses suffisent pour couvrir les édifices. Dans les pays où les pluies sont plus ou moins fréquentes, il faut que les combles aient une inclinaison suffisante pour que l'eau s'écoule avec facilité et ne puisse s'insinuer dans l'intérieur.

Dans les pays froids, les pluies sont plus fines et plus fréquentes que dans les pays chauds; l'air est plus humide, la neige tombe en abondance et séjourne long-temps sur les toits : ainsi, dans ces localités, les combles doivent avoir une plus grande élévation, soit pour mieux supporter la charge de la neige, soit pour faciliter l'écoulement de l'eau pluviale.

En Grèce, le triangle qui représente la coupe d'un comble avait une hauteur égale à un neuvième environ de la base. En Italie, la hauteur moyenne est d'un cinquième. Palladio la fixe à deux neuvièmes. A Paris, la hauteur des toits bien proportionnés est d'un quart de la base. Dans le nord de l'Europe, un triangle équilatéral présente une élévation convenable pour le climat.

L'architecture gothique introduisit en France des combles pyramidaux d'une hauteur démesurée. Dans le 13^{e} et le 14^{e} siècle, la hauteur des combles était égale à la longueur de la base; on adopta ensuite le triangle équilatéral, puis on ima-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gina de tronquer la partie supérieure du triangle, que l'on couvrait en plomb. Mansard inventa ensuite les combles à quatre pentes, dont la partie inférieure était ordinairement garnie de fenêtres saillantes, surchargées d'ornemens du plus mauvais goût. Vinrent ensuite les combles cintrés en planches, et ceux à armatures de fer. Enfin le goût s'étant progressivement épuré, et les architectes ayant pris pour modèle les constructions antiques et celles des grands maîtres italiens, ils ont adopté les combles à pentes régulières et modérément élevés. Les combles de plusieurs monumens publics récemment construits présentent la belle et régulière disposition et l'exécution soignée des charpentes d'Italie.

Les pièces principales d'une *ferme* n'ont point strictement besoin d'un aussi fort équarrissage que les poutres d'un plancher de même largeur; car la forme triangulaire du système et la connexion de ses parties lui donnent une grande force; et, d'une autre part, elles n'ont point à éprouver les charges irrégulières et les ébranlemens qui fatiguent souvent les planchers.

Il faut, autant qu'il est possible, que les pièces de bois soient de la même qualité, et que leur dessiccation soit également parfaite. Le poids du toit doit être également réparti sur les murs principaux de l'édifice. Palladio conseille d'élever les murs intérieurs de manière à leur faire supporter une partie du toit et à diminuer d'autant la charge des murs principaux. Cette précaution peut prévenir les accidens funestes qui arrivent quelquefois lorsque les extrémités des fermes sont pourries.

Quelques constructeurs soigneux ont adopté la méthode d'interposer des lames de cuivre ou de plomb dans les joints des pièces qui composent les grandes charpentes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est essentiel d'observer qu'un toit, indépendamment de sa fonction principale, qui est celle de couvrir l'édifice auquel il appartient, pour le garantir des intempéries des saisons, est destiné en outre à relier les murs et à empêcher tout écartement et tout rapprochement.

La fig. 5, pl. XI, représente une ferme de comble de l'église de Saint-Paul, hors des murs de Rome. Ce comble, dont une portion a près de dix siècles, est sans doute le plus ancien qui existe. La hauteur de cette ferme est environ les deux neuvièmes de la base, qui a 73 pieds de longueur. Elle est composée, 1° d'un *entrait aa*, ayant 21 pouces sur 14 d'équarrissage; 2° de deux *arbalétriers bb*, dont l'équarrissage est de 15 pouces sur 14; 3° de deux pièces *cc* de 10 pouces $\frac{1}{2}$ d'équarrissage dans les deux sens; des boulons les réunissent à chacun des arbalétriers; 4° d'un *faux-entrait dd*, ayant 11 pouces sur 10 $\frac{1}{2}$ d'équarrissage; 5° d'une *aiguille pendante ff*, ayant 11 pouces sur 10 d'équarrissage: de fortes chevilles en bois la traversent pour soutenir les *entraits*.

Deux fermes semblables sont posées à 14 pouces de distance l'une de l'autre; l'aiguille pendante *ff* se trouve suspendue entre les deux. Les extrémités de chaque entrait sont fortifiées à l'endroit de leur portée par des espèces d'*encorbellemens* en bois *pp*, qui doublent les bouts. Ces pièces sont réunies aux arbalétriers et à l'entrait par des liens de fer inclinés. Les fermes accouplées sont éloignées l'une de l'autre d'environ 9 pieds. Les pannes *nn* sont soutenues par des tacquets; elles ont 8 pouces d'équarrissage dans les deux sens; le faîtage *r* est composé de deux pièces accouplées. Les chevrons sont éloignés l'un de l'autre de 8 pouces, et leur équarrissage est de 5 pouces sur 4. Ces chevrons sont recouverts par de grandes briques d'environ 1 pied sur 7 pouces; elles for-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment une espèce de carrelage avec mortier dans les joints. Sur le carrelage est établie la couverture en tuiles plates avec rebords, dont les joints sont recouverts par des tuiles creuses renversées.

La plupart des charpentes, en Italie, sont combinées d'après ce système, qui offre toute la régularité et toute la simplicité qu'on peut désirer.

Lorsqu'elles n'ont que de 18 à 20 pieds de portée, chaque ferme résulte d'un entrait et de deux arbalétriers. Lorsque cette portée augmente, on ajoute (pl. XI, fig. 1, 2, 3) un poinçon *p* dans le milieu, contre lequel les arbalétriers s'appuient et qui soutient l'entrait à l'aide d'un lien en fer. Deux contre-fiches *bb* sont appliquées d'un côté au poinçon, et de l'autre elles contre-buttent les arbalétriers.

Quand la portée est fort grande et est de 40 à 80 pieds, alors on fortifie les fermes ainsi qu'il suit : 1° on double le dessous des extrémités des entraits par des pièces saillantes *pp* (pl. XI, fig. 4) ; 2° on double les arbalétriers jusqu'à environ la moitié de leur longueur, par des pièces *aa* posées en dessous ; 3° on ajoute un faux entrait *cc* ; 4° on place un poinçon *r* au milieu, et deux faux poinçons *qq* qui servent à soutenir l'entrait en trois points, et le faux entrait au milieu, et cela par le moyens d'étriers en fer ; 5° on adapte quelquefois des contre-fiches qui peuvent s'appuyer soit contre le poinçon, soit contre les faux poinçons, pour contre-buter les arbalétriers.

Les arbalétriers sont réunis à l'entrait par des entailles à crémaillère, et retenus par des liens en fer placés perpendiculairement à la pente des arbalétriers, qu'ils fixent d'une manière invariable. Quand il n'y a pas de poinçon, les arbalétriers se réunissent au sommet par un simple joint aplomb,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et sont quelquefois fixés plus solidement par une bande de fer.

Si le comble a une grande largeur, il serait trop difficile et trop coûteux de former les entraits et les arbalétriers d'une seule pièce; alors on peut les composer de deux ou de trois pièces réunies à trait de Jupiter, chevillées et affermies par des liens de fer, ainsi que nous l'avons expliqué page 93.

Quand la portée des fermes dépasse 80 pieds, on forme un grand cintre par l'assemblage de deux ou de trois rangs de pièces réunies en crémaillère (page 94), ainsi qu'on le pratique pour les ponts en bois à grande ouverture. L'arc sert à soutenir l'entrait et les arbalétriers, à l'aide d'un certain nombre de moises qui embrassent tout-à-la-fois un des arbalétriers, l'arc et l'entrait. Cet entrait, ainsi que les arbalétriers, sont composés de plusieurs pièces réunies à trait de Jupiter. En suivant la méthode que nous venons d'indiquer, on a construit à Moscow la charpente d'un grand manége qui a 220 pieds de largeur et 1800 de longueur.

Par des méthodes analogues, on a construit en Suisse des ponts en bois ayant de très grandes ouvertures, parmi lesquels ont cite le pont de Schaffhouse, composé de deux grandes arches, dont une avait 190 pieds. Les pièces principales sont composées de deux ou de trois rangs de gros morceaux réunis à crémaillères, et convenablement chevillés et boulonnés.

Frontons.

La forme la plus simple que puisse avoir un comble est celle qui résulte de deux plans droits et égaux formant un angle au sommet. On nomme *fronton* la partie triangulaire des murs en retour, comprise entre la ligne horizontale qui indique la naissance du toit et son sommet. Une corniche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marque plus particulièrement la ligne horizontale que nous venons d'indiquer (pl. XI, fig. 7). Des corniches ornent aussi les côtés inclinés du fronton, avec cette différence, que la corniche horizontale ne doit point avoir la moulure que l'on nomme *cimaise*, et qui termine ordinairement les corniches dans le haut; les cimaises des corniches inclinées se raccordent dans les angles avec les extrémités de la corniche horizontale, de manière à former un profil régulier. Si les corniches inclinées d'un fronton sont ornées de *modillons* ou de *denticules*, leurs faces latérales devront être taillées d'aplomb, et correspondre exactement aux modillons qui ornent la corniche horizontale.

Les frontons indiquant les extrémités d'un comble régulier à deux pentes, doivent avoir les mêmes proportions : aussi voyons-nous que les frontons des temples grecs ont une hauteur égale à un neuvième de la base; que ceux des monumens de Rome antique ont un cinquième ou deux neuvièmes de cette même base; et que ceux construits à Paris ont un peu plus de hauteur.

La destination originaire des frontons que nous venons d'indiquer, doit guider l'architecte dans leur emploi : ainsi un fronton sera bien placé partout où *raisonnablement* il pourra indiquer l'extrémité d'un toit; en toute autre situation il sera déplacé et inconvenant. Si l'on examine d'après ce principe la multitude innombrable de frontons qu'on a prodigués dans presque tous les édifices ornés, nous serons forcé de convenir que la plupart sont inutiles et inconvenans.

A quoi servent, par exemple, les frontons qui sont disposés avec autant de monotonie que d'inutilité le long des façades de la grande galerie du Musée? A quoi sert le triple fronton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui surmonte les cariatides dans la cour du Louvre? A quoi servent les frontons dans les intérieurs?

Cette même destination originaire des frontons indique la forme et les proportions qu'ils doivent avoir constamment. Ainsi, 1° un fronton surbaissé à la grecque sera inconvenant et défectueux lorsqu'il sera appliqué à un édifice dont le comble aura une plus grande élévation. Ils ne peuvent donc convenablement être mis en usage à Paris.

2°. Un fronton *brisé*, c'est-à-dire dont les parties inclinées sont mutilées vers le sommet, est un contre-sens, et en même temps une monstruosité.

3°. Les frontons doubles ou triples insérés l'un dans l'autre forment une complication aussi inutile qu'elle est de mauvais goût.

4°. Les frontons circulaires qui indiquent une voûte surbaissée, sont admissibles dans les endroits où une semblable voûte pourrait avoir quelque utilité (en supposant qu'elle ne subsiste pas réellement); mais cette forme, moins simple que la triangulaire, est aussi moins agréable à la vue.

Une balustrade placée au sommet d'un édifice indique, soit en apparence, soit en réalité, un comble plat à terrasse. Cette indication exclut les frontons qui, dans ce cas, semblent interrompre la terrasse et gêner la communication. Tel est le cas du fronton qui s'élève au milieu de la colonnade du Louvre. Ce fronton est inconvenant, quoiqu'il produise un assez bel effet.

La construction des frontons demande un soin particulier pour que les pierres inclinées qui forment les angles ne puissent se mouvoir, et ne soient poussées par les autres pierres que leur position tend à faire glisser vers le bas.

Les anciens, pour donner à cette partie faible toute la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

stabilité qu'elle requiert, y employaient des blocs de grande dimension, dans lesquels ils sculptaient les deux extrémités réunies de la corniche horizontale et de l'oblique. Les pièces qui venaient ensuite étaient fortement reliées avec celles-ci à l'aide de goujons et de crampons en bronze.

On trouve dans les ruines antiques des blocs angulaires de frontons, dont le poids est de 12 à 15 milliers. On voit un bloc de cette espèce, très bien sculpté, à Rome, dans le jardin *Colonna*, sur le Mont-Quirinal.

Le fronton de la colonnade du Louvre est couvert par deux énormes pierres de Saillancourt, qui s'étendent du sommet jusqu'à l'extrémité de ce fronton.

On couvre ordinairement les parties inclinées des frontons avec des lames de plomb pour empêcher que l'eau ne puisse s'insinuer dans les joints des pierres qui en forment la *cimaise*.

Combles à croupes. (Pl. XI, fig. 9, 10.)

Les *combles à croupes* sont ceux qui ont quatre pentes, dont deux correspondent aux murs de retour; toutes ces pentes doivent être droites, également inclinées et sans aucune flexion. Les portions des combles qui composent les deux pentes dans le sens de la largeur du bâtiment, sont des plans triangulaires AA; les deux autres plans BB sont des trapèzes, quand le bâtiment a plus de longueur que de largeur; et ce sont des triangles de même dimension que les autres, si le bâtiment est carré. Dans ce dernier cas, le comble a la forme d'une pyramide surbaissée à base carrée.

Lorsque le bâtiment est polygone, le toit est une pyramide à base également polygone, composée d'autant de faces triangulaires que le polygone a de côtés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La réunion des plans qui composent un comble à croupe, forme à chacune de leurs rencontres une arête à laquelle doit correspondre une demi-ferme en charpente; on donne le nom d'*arêtier* à cette demi-ferme diagonale, qui ne diffère des autres que parce qu'elle est un peu plus longue, et que l'équarrissage des pièces qui la composent est aussi ordinairement un peu plus fort.

Entre les arêtiers doivent être placées régulièrement les autres fermes à la manière ordinaire; quelquefois la distribution des fermes, également espacées, exige que des fragmens de ferme plus ou moins longs, appelés empanons, aillent s'appuyer contre l'arêtier, comme on le voit en *bb cc* (pl. XI, fig. 9); dans ce cas l'arêtier se trouve placé entre deux empanons égaux, *bb* et *cc*, perpendiculaires l'un à l'autre, et qui arc-boutent l'arêtier de deux côtés.

Des noues.

L'angle *a* (pl. XI, fig. 11) formé par la rencontre de deux corps de bâtimens A et B, se nomment *noue;* une ferme diagonale *bd* doit correspondre à cet angle. L'équarrissage des pièces qui la composent sera un peu plus fort que celui des pièces correspondantes dans les autres fermes.

On doit remarquer que le dessus des *arbalétriers* de cette ferme diagonale sera taillé en angle rentrant du côté *b* et en angle saillant de l'autre côté *d*, et cela pour que les *pannes* des deux côtés puissent s'appuyer également dessus.

Des noulets.

Quelquefois deux combles (pl. XI, fig. 12) de différentes dimensions se rencontrent et se compénètrent mutuellement; il en résulte une coupure triangulaire *ab* dans le grand

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comble, qui est couverte par une espèce de ferme couchée sur la pente de ce toit; on lui donne le nom de *noulet*, et les deux côtés *ab* de l'angle s'appellent *branches de noulet*.

Combles à base circulaire.

Les combles à base circulaire peuvent avoir ou une forme sphérique ou une forme conique; dans l'un et dans l'autre cas ils sont formés (pl. XI, fig. 13) par un certain nombre de demi-fermes dont la projection correspond au rayon du cercle. Ces demi-fermes viennent s'assembler soit dans un fort *poinçon* central, soit dans les colonnes verticales qui forment une espèce de cylindre placé dans le milieu.

Des fermes en planches.

Les fermes formées par deux ou trois rangs de planches (voyez page 94) superposées pleins sur joints et bien chevillées, sont les plus convenables, soit pour les combles à base circulaire, soit pour ceux en forme de voûte à berceau. Les combles des anciens *dômes* de Saint-Marc à Venise sont de ce genre, et ont servi de modèle pour former celui de l'église de la *Salute* et de la plupart des autres coupoles de cette ville.

Philibert Delorme publia en 1561 un ouvrage (*a*) dans lequel il fait l'application de cette méthode aux toits des maisons, auxquels il donna une forme cintrée. Cette méthode fut depuis mise en pratique avec utilité à Paris.

Serlio parle d'une voûte composée de cintres en planches, qui n'étaient réunies que par des cannes revêtues en plâtre; elle était encore très solide, quoiqu'elle eût plus de 300 ans;

(*a*) Nouvelles inventions pour bien bâtir à petits frais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et il en cite une autre, construite de la même manière, qui avait résisté à un très grand incendie.

Philibert Delorme fixe les dimensions des planches de ces toits ainsi qu'il suit :

OUVERTURE DES CINTRES.	LARGEUR DES PLANCHES.	ÉPAISSEUR.
pieds.	pouces.	pouces.
24	8	1
36	10	1 $\frac{1}{2}$
60	13	2
90	»	2 $\frac{1}{2}$
108	»	3

Cet auteur fixe la longueur des planches à 4 pieds; les cintres sont formés de deux rangs réunis par des chevilles de bois; des liernes affermissent les cintres.

Pour établir ces combles on formait, à 3 pieds du dessus de l'entablement des murs de face, une retraite de la moitié de leur épaisseur, sur laquelle on posait une sablière de 8 à 9 pouces d'épaisseur; on creusait dans cette pièce des entailles de 2 pieds en 2 pieds pour recevoir le bout des cintres. Le prolongement de la surface du comble, jusqu'au nu extérieur du mur de face, se faisait en ajoutant des bouts de courbes, que l'on assujettissait par le bas dans une entaille pratiquée au-dessus de l'assise formant corniche.

Des fermes en fer.

Les fermes en fer présentent l'avantage d'être incombustibles et d'être peu volumineuses; cet avantage les fit adopter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour former le comble sphérique de la Halle au blé, lequel fut construit par M. Brunet, sous la conduite de M. Bellanger. Les cintres de ce comble étant reliés par des barres horizontales placées réguliérement, présentent des compartimens carrés : au milieu se trouve une grande ouverture circulaire vitrée, et des lames de cuivre couvrent l'extérieur. Maintenant on construit, d'après le même système, la toiture de la nouvelle Bourse.

La fig. 17, pl. II, indique une ferme en fer, dont la barre inférieure cintrée donne la faculté d'établir une voûte postiche en y fixant des pièces de bois pour y clouer le lattis et faire un enduit en plâtre qui ne touchera pas le fer.

La fig. 8, pl. II, indique la moitié d'une des fermes en fer qui composent le comble du grand salon qui précède la galerie du Musée. Ces fermes sont espacées à 5 pieds l'une de l'autre; au milieu du comble se trouve une grande ouverture vitrée qui éclaire de la manière la plus favorable les tableaux que l'on expose dans ce salon.

De la couverture des combles.

Les grands monumens, dont toutes les parties doivent être pour ainsi dire inaltérables, étaient chez les anciens de simples voûtes extradossées en pentes, et couvertes de dalles en marbre, enclavées à recouvrement les uns sur les autres. La couverture en marbre de la Tour des Vents, à Athènes, existe encore. Les grands temples de la Grèce et de Rome étaient ainsi couverts. On voit en Italie plusieurs églises qui le sont également, parmi lesquelles on cite la cathédrale de Milan, le magnifique Baptistère de Florence et celui de Pise.

Le Panthéon de Rome était couvert en lames de bronze

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 5 lignes d'épaisseur. Maintenant on couvre les édifices magnifiques avec des lames de plomb, ou avec des feuilles de cuivre très minces.

Les couvertures en plomb sont très lourdes et offrent de grands inconvéniens en cas d'incendie. Les tables de plomb ont ordinairement 1 à 2 lignes d'épaisseur, et 12 à 15 pieds de long sur 3 pieds de large. Pour prévenir les déchirures que les fortes variations de température pourraient produire, on replie les bords des tables l'une sur l'autre sans les souder. Les rangs qui sont soutenus par des crochets se recouvrent les uns sur les autres de 3 à 6 pouces. Les mêmes précautions doivent être mises en usage pour les couvertures en feuilles de cuivre.

Les anciens employaient comme nous des tuiles, mais elles avaient une autre forme, qui s'est conservée à Rome. Cette espèce de toiture était composée de deux espèces de tuiles, les unes plates et à rebords, et les autres creuses. (Pl. XI, fig. 14, 19.)

Les tuiles étaient posées sur un carrelage de grandes briques qui couvrait immédiatement les chevrons du toit. Les tuiles étaient plus larges d'un côté que de l'autre, pour qu'elles pussent s'enclaver et se recouvrir l'une sur l'autre.

On commençait à poser les tuiles plates par rang, dans le sens de la pente, puis on couvrait les rebords de tous les rangs par des tuiles creuses.

Les tuiles plates à rebords, *tegulæ hamatæ*, avaient 2 pieds de longueur sur près de 20 pouces de largeur. Les creuses, *imbrices*, n'avaient qu'environ 8 à 9 pouces de diamètre : ces tuiles étaient posées en mortier. On voit encore à Rome plusieurs restes de ces sortes de couvertures. Sur le bord du toit, à l'extrémité de chaque rang de tuiles creuses, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaçait une tuile en marbre ou en terre cuite, ornée d'un fleuron (pl. XI, fig. 8, 15, 16, 17). Ces briques formaient une décoration aussi élégante que simple. Aux extrémités et sur le sommet des frontons, on plaçait des fleurons de plus grandes dimensions. Ceux des angles avaient (pl. XI, fig. 7 et 18) la forme d'un quart de sphère. Ces fleurons étaient réunis par des bandes de marbre ornées de rinceaux (fig. 7). Sur les frontons de grandes dimensions, les fleurons auraient semblé mesquins; on leur a substitué des piédestaux surmontés par des statues. Voilà, suivant nous, la véritable origine des *acroterres;* c'est le nom que l'on donne à ces piédestaux. Les couvercles des sarcophages antiques conservent l'indication des fleurons ou ornemens angulaires, sur la face desquels on a sculpté un masque pour faire allusion aux initiations bachiques auxquelles se réfèrent la plupart des emblèmes funéraires du paganisme.

Dans les départemens méridionaux de France et dans presque toute l'Italie, les tuiles dont on fait usage ont la forme creuse des *imbrices*. Depuis quelques années, cette forme, qui est très avantageuse pour faciliter l'écoulement de l'eau pluviale, a été mise en usage à Paris, comme on l'observe aux abattoirs, aux marchés, aux greniers d'abondance et à l'entrepôt du vin. (Pl. XI, fig. 23.)

Les tuiles communes ont à Paris une forme plate, sans rebords. Les tuiles hollandaises (pl. XI, fig. 21) ont la figure d'une S couchée.

De toutes les espèces de couvertures pour les combles des édifices, la plus usitée à Paris est celle en ardoises, parce que c'est la plus légère et en même temps la plus économique. Le poids des ardoises qui peuvent couvrir un espace d'une toise carrée, n'est, en terme moyen, que de 132 livres, tandis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le poids des tuiles plates (fig. 22) nécessaires pour couvrir le même espace, est d'environ 600 livres, et celui des briques creuses est d'environ 700 livres. Le prix moyen d'une couverture en ardoises, compris le *lattis* mince et léger qui supporte les ardoises, est de 16 à 17 francs; celui d'une couverture ordinaire en tuiles de Bourgogne, est de 18 à 20 francs; et celui en tuiles creuses établies sur un plancher jointif supporté par de forts chevrons, est de 60 francs, y compris le surcroît de dépense occasionné par le chevronnage et par le plancher.

On observe dans le temps des brouillards et lorsqu'il tombe des pluies fines, que l'humidité s'attache à la surface des ardoises, y adhère fortement, s'insinue, et remonte entre les joints de recouvremens, lesquels étant très rapprochés, font l'effet de tuyaux capillaires, de sorte que le dessous des couvertures qui ont peu de pente est presque aussi mouillé que le dessus. Cet inconvénient oblige de donner une plus grande pente aux toits couverts en ardoises. Les ardoises dont on fait usage à Paris étant d'ailleurs extrêmement minces, les coups de vent dépouillent souvent les combles de leur couverture, et les laissent exposés aux grandes pluies qui ordinairement viennent à leur suite. En cas d'incendie, les ardoises éclatent très promptement, laissent à découvert le lattis et la charpente, d'où il résulte que la libre introduction de l'air propage et augmente les progrès de l'embrasement. Par ces divers motifs, on doit abandonner l'emploi des ardoises dans les monumens publics, et en général dans tous les édifices destinés à avoir une longue durée, et pour lesquels il intéresse de diminuer autant que possible les chances des réparations ordinaires et éventuelles.

Nous devons conséquemment des éloges aux architectes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui ont construit les abattoirs, l'entrepôt des vins, les greniers d'abondance et les marchés de Paris. Ces artistes estimables, en s'affranchissant des préjugés et des calculs mesquins d'une économie déplacée, ont choisi une espèce de couverture plus coûteuse à la vérité, mais plus solide, plus durable, et qui présente l'avantage de donner un prompt et facile écoulement aux eaux pluviales, préserve la charpente des atteintes nuisibles de l'humidité, et permet de donner aux combles une élévation régulière et modérée.

On pourra obtenir une solidité et une inaltérabilité encore plus grandes en imitant les couvertures antiques, c'est-à-dire, 1° en plaçant immédiatement sur les chevrons un *dallage* en grandes briques réunies avec du bon mortier dans les joints recreusés; 2° en posant sur ce dallage des files régulières de tuiles plates, dont les rebords seront couverts par des tuiles creuses; 3° en fixant les unes et les autres avec du mortier. Mais cette méthode, très convenable pour les grands monumens, n'est point appropriée aux constructions dont le seul but est d'employer des capitaux avec avantage; car l'économie dans la dépense primitive étant alors la condition la plus essentielle à remplir, on doit préférer les couvertures en ardoises, parce qu'elles sont non-seulement les moins coûteuses, mais encore celles qui comportent les charpentes les plus légères.

Les ardoises les plus estimées sont celles d'Angers. On en débite de plus ou moins grandes. Les ardoises nommées *grandes carrées* ont 11 pouces sur 7 à 8 pouces, et environ une ligne d'épaisseur. Les *cartelettes*, que l'on emploie particulièrement pour les combles cintrés, ont 8 pouces sur 6, et une épaisseur qui varie entre $\frac{3}{4}$ d'une ligne et une ligne et demie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bonnes ardoises sont noires et ont leur surface lisse et unie. Le pied cube pèse de 180 à 200 livres.

Les ardoises doivent être posées à recouvrement. Les couvreurs donnent le nom de *pureau* à la partie apparente des ardoises; en général le *pureau*, soit pour les ardoises, soit pour les tuiles, n'est qu'environ le tiers de la hauteur. Lorsque l'on emploie des ardoises *grandes carrées*, le pureau ordinaire est de 4 pouces; celui des *cartelettes* est de 3 pouces. La couverture d'une toise carrée exige, compris le déchet, 170 *grandes carrées* et 290 *cartelettes*.

Les tuiles dont on fait habituellement usage à Paris viennent de la Bourgogne ou de Montereau; elles sont plates et portent par derrière une espèce de crochet qui les attache aux *lattes;* quelquefois elles ont des trous pour qu'on puisse les fixer avec des clous. On distingue deux espèces principales de tuiles plates; la première prend le nom de *grand moule* et porte de 11 à 12 pouces de haut sur 8 ou 9 de large, et 7 lignes d'épaisseur; chaque tuile pèse environ 4 livres. La seconde espèce se nomme *petit moule*, elle n'a que 9 pouces $\frac{1}{2}$ de haut sur 6 à 7 de large et 6 lignes d'épaisseur; elle pèse environ 270 livres le cent.

Pour former une toise superficielle de couverture, il faut 145 tuiles *grand moule*, et 240 *petit moule*. Le *grand moule* se pose à 4 pouces de *pureau*, et le *petit moule* à 3 pouces.

Le *faîte* du comble est couvert par une rangée de tuiles creuses, demi-cylindriques, posées avec du plâtre. Ces tuiles, que l'on nomme *tuiles faîtières*, ont 14 pouces de longueur sur 9 de diamètre; elles ne sont pas placées à recouvrement.

Avant de poser les ardoises ou les tuiles, il faut former le *lattis*, composé ainsi qu'il suit : 1° pour l'ardoise on emploie des *voliges* ou planches minces en bois blanc; elles ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6 pieds de long sur 4 à 6 pouces de largeur et 4 à 5 lignes d'épaisseur. On les pose et on les cloue sur les chevrons par rangées éloignées de 18 à 24 lignes l'une de l'autre; 2° pour les tuiles, le lattis se fait avec des lattes de chêne ayant 4 pieds de longueur sur 15 à 18 lignes de largeur et 1 à 2 lignes d'épaisseur. Pour les tuiles *grand moule*, on pose les rangées à 4 pouces de distance l'une de l'autre; et pour les tuiles *petit moule*, à 3 pouces.

Les lattes ou les voliges doivent toujours être posées régulièrement par rangs, de niveau et en liaison, c'est-à-dire que les bouts de chaque rang consécutif doivent se recroiser et jamais se correspondre.

Par les dimensions que nous venons de rapporter on voit qu'on est parvenu à réduire l'épaisseur des lattes et des voliges au *mininum*. Cette réduction, favorable à l'économie dans la dépense primitive, ne l'est point ni à la solidité ni à la durée, et rend les couvertures sujettes à des réparations fréquentes.

Les anciens, et après eux les Italiens, ont cru que dans les constructions il valait mieux augmenter la dépense originaire pour donner aux édifices une longue durée et pour diminuer autant que possible les chances de réparation.

Nous croyons que cette maxime doit être admise en France comme ailleurs toutes les fois qu'il s'agit de travaux publics ou de ceux que les riches particuliers entreprennent pour leur propre usage et pour celui de leur famille; et que la maxime contraire peut également être adoptée à l'égard des constructions de pure spéculation; de sorte que pour celles-ci les lattes et les couvertures dont nous venons de parler peuvent être convenables. Mais pour les autres nous sommes persuadés qu'il faut adopter des méthodes qui offrent à la fois plus de solidité et plus d'inaltérabilité, et suivre l'exemple que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le gouvernement a déjà donné dans plusieurs des constructions récentes qu'il a fait exécuter, dans lesquelles on remarque avec plaisir 1° que les charpentes des combles ont la force et la régularité des charpentes italiennes; 2° que les *lattis* ont été remplacés par de forts planchers jointifs; 3° qu'on a substitué aux tuiles plates des tuiles creuses, fixées avec du mortier. Nous désirerions néanmoins qu'on fît un pas de plus vers la perfection, et que le plancher fût remplacé par un carrelage de grandes briques, que l'on recouvrirait avec des tuiles à la romaine, dans la pose desquelles on n'épargnerait pas du bon mortier, fait avec de la chaux hydraulique.

Duhamel a donné, dans l'art du couvreur, des détails circonstanciés sur les modes d'effectuer les couvertures en ardoises et en tuiles, en usage à Paris. M. Morisot a réuni à la fin du premier volume de son ouvrage (*a*) toutes les indications qui peuvent servir de guide pour apprécier la valeur des couvertures de cette espèce. Rondelet, dans le tome IV de son excellent *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, a inséré la description détaillée des principales espèces de couvertures en usage dans divers pays. Ces trois ouvrages pourront fournir au lecteur de plus amples notions sur cette branche de l'art des constructions.

Des gouttières et des chéneaux, des écoulemens et des citernes.

La dégradation des édifices dépend spécialement des filtrations de l'eau; ainsi, on ne saurait apporter trop de prévoyance et de soin pour éloigner cette cause destructive. L'observateur qui parcourt attentivement les ruines du Colisée

(*a*) Tableaux détaillés du prix de tous les ouvrages de Bâtimens, divisés suivant les différentes espèces de travaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et celles des thermes de Dioclétien, ne peut s'empêcher d'admirer les précautions que les anciens ont mises en usage dans ces immenses constructions pour favoriser l'écoulement des eaux pluviales, et pour empêcher qu'elles ne puissent séjourner en aucun lieu. Des égouts revêtus en maçonnerie sont creusés, soit dans l'enceinte, soit au pourtour de l'édifice, et sont disposés de manière à recevoir directement les eaux des parties supérieures, lesquelles traversent des tuyaux verticaux creusés dans les murs. Les égouts, construits avec toute la solidité désirable, avaient des dimensions suffisantes afin que des ouvriers pussent descendre de temps à autre pour les curer; à cet effet, des ouvertures couvertes de dalles étaient pratiquées de distance en distance.

Les canaux verticaux creusés dans les murs étaient revêtus en briques enduites intérieurement de poix. Dans l'enceinte du Colisée on remarque 4 égouts concentriques et parallèles au mur elliptique extérieur; ils communiquaient les uns avec les autres à l'aide de plusieurs autres égouts droits, dirigés suivant les rayons de l'ellipse. Ces égouts recevaient l'écoulement d'une multitude de tuyaux verticaux et se déchargeaient eux-mêmes dans un égout extérieur plus grand et plus profond, d'où partait un embranchement qui aboutissait au Tibre. Dans les parties supérieures de l'édifice les eaux étaient dirigées vers les embouchures des tuyaux verticaux, au moyen de pentes et de cavités disposées avec une industrie admirable. Partout où les eaux devaient passer, le sol était revêtu d'une couche épaisse de béton, fait avec beaucoup de soin.

Toutes les eaux que peuvent recevoir les combles doivent, en général, être recueillies dans des gouttières ou dans des chenaux, auxquels on doit faire aboutir, autant qu'il est possible, des tuyaux verticaux, qui les conduiront jusqu'au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

niveau de la rue, ou mieux encore, directement dans des égouts souterrains.

On distingue les gouttières d'avec les chéneaux, en ce que les premières sont des petits canaux en tôle que l'on applique immédiatement sous l'égout du comble, et que les chenaux sont des canaux creusés dans la partie supérieure de la corniche qui termine un édifice. Un chenal est ordinairement revêtu en plomb, pour empêcher que l'eau ne filtre entre les joints des pierres qui composent la corniche.

Il est des cas dans lesquels la décoration de l'édifice ne permet pas d'y appliquer des tuyaux verticaux pour conduire les eaux jusqu'au pied de l'édifice; alors on les décharge par des bouts de tuyaux qui traversent la cimaise de la corniche.

Cette disposition a donné origine aux gueules de lion dont on orne souvent les cimaises.

La conservation des édifices et la commodité du public exigent également que dans les villes toutes les maisons qui ont leur façade sur la rue soient munies de tuyaux verticaux, afin d'éviter l'inconvénient des nappes d'eau que les gouttières versent sur les passans, et que les coups de vent rejettent souvent contre les murs, qu'elles détériorent. Il serait à désirer aussi que les tuyaux aboutissent immédiatement à des égouts souterrains et que les ruisseaux fétides et dégoûtans fussent supprimés. La ville de Milan nous offre à cet égard un bel exemple à suivre : les rues d'une médiocre largeur ont un égout construit en briques dans le milieu, auquel correspondent de petits égouts secondaires qui déchargent tous les écoulemens provenant des maisons latérales; les murs de l'égout sont surmontés de grosses dalles en granite, dont la surface se trouve au niveau de la rue, et qui servent de *charrières* très commodes sur lesquelles les roues des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voitures roulent avec aisance et sans cahotage. Les grandes et larges rues ont deux égouts parallèles : tous ces égouts ont, de distance en distance, des regards couverts de dalles forées.

Dans plusieurs circonstances on peut tirer un parti très avantageux des eaux pluviales qui tombent sur les combles, en les réunissant et les dirigeant vers une citerne qui pourra fournir ainsi l'eau nécessaire pour la boisson et pour les usages domestiques. Palladio dit, en parlant des citernes : « L'eau du ciel est tellement préférable à toutes les autres pour servir de boisson, que quand même on pourrait s'en procurer de courante, l'on devrait ne l'employer qu'aux lavoirs et à la culture des jardins. »

Les citernes sont d'une grande utilité dans les pays maritimes, tels que la Hollande et Venise. Elles pourraient être également utiles dans une foule d'endroits où l'on est réduit à boire, pendant l'été, l'eau des mares trouble et souvent croupie ; ou bien encore dans les lieux élevés dont les habitans sont obligés d'aller au loin et à grands frais chercher l'eau qui leur est nécessaire. Souvent aussi la construction d'une citerne, quoique coûteuse, exige moins de frais que celle des puits très profonds.

On trouve dans un mémoire de De la Hire (Mémoires de l'Académie des Sciences, 1703) le calcul suivant, qui prouve que dans la plupart des lieux habités, on peut, en creusant des citernes, se procurer avec abondance l'eau nécessaire pour l'usage des personnes qui y séjournent.

« Il tombe par an (dit De la Hire) sur la surface de la terre, de 18 à 22 pouces de hauteur d'eau. Les exceptions à cette loi générale sont fort rares.

» Toute maison qui a 40 toises de superficie, couverte de toits, peut ramasser, chaque année, 2160 pieds cubes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau, en prenant seulement 18 pouces pour la hauteur de ce qui en tombe, qui est la moindre que l'on observe communément. Ces 2160 pieds cubes valent 75600 pintes d'eau, à raison de 35 pintes par pied. Si l'on divise donc ce nombre par les 365 jours de l'année, on trouvera 200 pintes par jour. On voit par là que quand il y aurait dans une maison, comme celle qu'on suppose, 25 personnes, elles auraient chacune 8 pintes d'eau à consommer par jour.

» Il n'existe point de métairie, seulement de deux paires de bœufs de labourage, dont les toits des bâtimens n'excèdent de beaucoup 40 toises de superficie; il est encore évident qu'une pareille métairie n'est jamais habitée par plus de six ou huit personnes, et que la seule eau de pluie est plus que suffisante pour la boisson des hommes et des animaux. »

De la Hire ayant observé que dans plusieurs villes de Flandre les citernes sont des espèces de caveaux enterrés, et que l'eau de la pluie s'y conserve beaucoup mieux que dans des réservoirs découverts, voudrait que l'on construisît dans chaque maison un petit lieu dont le plancher serait élevé de 6 pieds environ au-dessus du rez-de-chaussée, que ce lieu n'eût tout au plus que la quarantième ou cinquantième partie de la superficie de la maison. Ce lieu, bien voûté, avec des murs forts et épais, contiendrait un réservoir de plomb qui recevrait toute l'eau de pluie, après qu'elle aurait passé au travers du sable. Il ne faudrait qu'une très petite porte bien épaisse, garnie de nattes de paille, pour empêcher que la gelée ne pût pénétrer jusqu'à l'eau. Par ce moyen, on pourrait distribuer de très bonne eau dans les cuisines et les lavoirs. Cette eau, bien renfermée, ne se corromprait pas plus que si elle était sous terre et ne gèlerait jamais.

Les citernes de Venise sont remarquables par leur con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

struction soignée. On en compte plus de 160, qui sont publiques ; l'eau qu'elles fournissent est excellente lorsqu'elle s'est reposée quelques jours après la pluie ; et cette eau suffit pour les besoins de la nombreuse population de cette ville célèbre, à l'exception des époques de grande sécheresse, où l'on est obligé de faire venir de l'eau de la Brenta, rivière du Padouan.

Les citernes sont construites de la manière suivante : deux murs cylindriques et parallèles les environnent ; ils sont en briques et fondés à 10 à 12 pieds sous le sol ; le mur intérieur laisse une ouverture de 4 pieds de diamètre ; celui du mur extérieur est d'environ 10 à 12 pieds : ce dernier mur est enveloppé de terre glaise, qui forme une espèce de bâtardeau impénétrable à l'eau salée, dont le terrain est imbibé. Le fond de la citerne compris entre les deux murs et celui qui correspond à l'ouverture du mur intérieur, sont également couverts de glaise et d'un pavé en brique. Une petite voûte annulaire couvre l'espace entre les deux murs ; cette voûte est percée de trois ou quatre ouvertures, chacune desquelles est couverte d'une pierre forée.

Le mur intérieur est surmonté d'un parapet ou *margelle* cylindrique qui s'élève au-dessus du sol et qui est formée dans un bloc de pierre d'Istrie. Ordinairement cette *margelle* est enrichie de moulures et d'ornemens sculptés. On admire dans la cour du palais ducal deux *margelles* de puits en bronze, décorées de bas-reliefs et d'arabesques d'un goût exquis et parfaitement modelés, par *Riccio*, célèbre artiste de Padoue.

L'eau de pluie qui tombe sur les toits des maisons, sur la surface des rues, des cours, des places publiques, est dirigée, par des pentes artistement combinées, vers les trous des citernes. Le beau pavé de cette ville, entièrement composé de dalles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

régulières en pierres dures, favorise singulièrement l'écoulement de l'eau. On doit se rappeler qu'aucune espèce de roulage n'a lieu dans les rues de Venise, que les chevaux ne peuvent parcourir : conséquemment, le pavé de ces rues est aussi propre que celui des passages couverts de Paris. Néanmoins on a soin de remplir de sable l'espace compris entre les murs de la citerne; de sorte que l'eau est obligée de traverser ce sable, et d'y déposer les saletés qu'elle pourrait charrier, avant de pénétrer dans le puits formé par le mur intérieur. Par la construction que nous venons de décrire, on est parvenu, d'une part, à rendre les citernes de Venise imperméables aux eaux salées de la mer; et de l'autre, à épurer l'eau pluviale qui les alimente.

De toutes les citernes connues, la plus célèbre est sans contredit celle de Constantinople. Les voûtes de cette citerne reposent sur deux rangs de 212 piliers chacun; ces piliers, qui ont 2 pieds de diamètre, sont plantés circulairement et en rayons qui tendent au pilier central.

Palladio indique la méthode suivante pour construire les citernes. On leur donnera, dit-il, les dimensions convenables, mais on aura soin de les faire plus longues que larges; on les enclôra de murs construits avec soin. Le sol, à l'exception des égouts, sera consolidé par une bonne épaisseur de béton, sur laquelle on étendra du mortier fait avec de la brique pilée et de la chaux, qui tiendra lieu de pavé. On polira ensuite ce pavé avec tout le soin possible, jusqu'à ce qu'il soit luisant, en le frottant continuellement avec de la graisse bouillante; lorsqu'il sera bien sec et qu'il ne restera plus d'humidité capable d'occasionner des crevasses, on couvrira les murailles d'un enduit semblable; on n'introduira l'eau que lorsque le tout sera parfaitement sec.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici comment on réparera les crevasses par où l'eau pourrait s'écouler. On prendra une certaine quantité de poix liquide, à laquelle on ajoutera pareille quantité de graisse ou de suif; on jettera le tout dans un vase, on le fera cuire jusqu'à ce que l'écume monte, après quoi on le retirera du feu. Quand ce mélange sera refroidi, on le saupoudrera de chaux très menue, et on le remuera convenablement pour en faire une espèce de pâte qu'on introduira dans les fentes, et on aura soin de la bien fouler.

La manière la plus économique et la plus expéditive de construire une citerne, est de former le mur et le fond ou radier en béton. On donne ordinairement au radier une épaisseur de 12 à 18 pouces. Si l'on peut se procurer facilement de bonne argile, on fera très bien d'en faire un lit sur le sol, qu'on battra et qu'on piétinera avant de former le lit de béton.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

Des allégemens et des communications.

QUATRE considérations essentielles exigent que des cavités et des ouvertures soient pratiquées, soit dans les murs, soit dans les massifs de maçonnerie qui composent un édifice quelconque; 1° pour diminuer autant que possible leur masse, sans que la solidité en souffre; 2° pour permettre l'introduction de la lumière; 3° pour livrer passage à des tuyaux plus ou moins grands qui servent à des usages divers; 4° pour établir les communications.

Allégemens.

Nous désignerons par le nom d'*allégemens*, les cavités et les ouvertures dont le but principal est d'alléger un édifice, c'est-à-dire de diminuer convenablement la quantité de matériaux qui entrent dans sa formation.

Les allégemens sont très utiles lorsqu'ils sont faits avec discernement et modération, non-seulement parce qu'ils apportent une diminution notable de dépense, mais encore parce qu'ils peuvent contribuer à l'embellissement de l'édifice en lui donnant plus de légèreté, plus d'élégance et plus de grâce.

Les allégemens, au lieu de nuire à la solidité, offrent le moyen d'obtenir des supports évidés très vigoureux et doués d'une stabilité bien plus forte que celle que pourraient avoir des supports massifs, renfermant une quantité plus grande de matériaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La nature nous présente, dans la contexture des êtres organisés, un grand nombre d'exemples très remarquables de l'utilité des allégemens. Le tuyau qui sert de charpente aux plumes des oiseaux ne mérite-t-il point notre admiration par sa grande légèreté, réunie à une force non moins grande? Les principaux ossemens des animaux ne sont-ils point dans le même cas? Nous avons déjà dit (p. 112) que l'expérience, d'accord avec la théorie, démontre qu'un tuyau peut offrir une résistance bien plus grande qu'un cylindre plein ayant une plus forte masse, et que, par exemple, si ce tuyau était en fer et eût un diamètre égal à vingt fois son épaisseur, il serait neuf fois et demie plus fort qu'un cylindre plein de même longueur et de même poids.

Il n'y a aucun mérite à rendre un édifice solide, en entassant à grands frais et sans nécessité des masses énormes, comme le faisaient les Egyptiens; mais il y en a beaucoup à obtenir une solidité égale, en économisant les matériaux autant que les convenances le peuvent permettre.

Il faut bien se garder cependant de pousser trop loin l'économie des matériaux; et il est essentiel de ne pas oublier qu'il ne suffit point que toutes les parties d'un édifice aient une force suffisante pour être en équilibre, soit entre elles, soit avec les charges et les poussées étrangères qu'elles auront à soutenir; mais qu'il faut en outre qu'elles puissent résister le plus longuement possible aux diverses causes physiques qui travaillent continuellement à leur détérioration et à leur ruine.

Les Grecs et les Romains ont saisi avec un discernement exquis le point intermédiaire entre la lourdeur excessive et la trop grande légèreté. Ils n'ont jamais négligé d'alléger les masses partout où ils ont pu le faire sans inconvéniens; mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ils ont donné aux supports principaux toute la force convenable. Quand ils ont voulu les rendre plus légers, ils ont suppléé à la médiocrité de la masse par la force, la dureté et l'inaltérabilité des matériaux, qu'ils faisaient venir à grands frais des régions les plus éloignées. Une sévère économie présidait cependant à l'emploi des matériaux coûteux; car la plus grande partie des murs, des massifs, des voûtes, étaient, comme nous l'avons dit plusieurs fois, composés de matériaux d'une valeur aussi petite que le volume en était médiocre.

Les édifices gothiques, presque toujours vicieux par des défauts d'harmonie et de correspondance, par un mauvais choix de forme et par des ornemens souvent monstrueux, méritent cependant d'être étudiés, sous le rapport de la solidité, de l'économie dans la quantité et dans la distribution des matériaux, et spécialement par les méthodes ingénieuses d'alléger les masses, qui furent mises en usage dans leur construction. Ces monumens, envisagés sous ce point de vue, sont supérieurs à un grand nombre d'édifices modernes, dans lesquels on remarque avec peine que la partie technique de l'art a été trop négligée.

L'art d'alléger les édifices, sans nuire à la solidité, forme une des branches les plus utiles et les plus importantes de l'Architecture. Nous indiquerons d'abord les principes généraux auxquels les *allégemens* doivent être soumis, puis nous passerons en revue les principaux modes de les former.

Principes généraux pour les allégemens.

1°. *Les vides doivent correspondre aux vides et les pleins aux pleins*, c'est-à-dire, les ouvertures et les cavités d'un étage doivent se trouver sur les mêmes lignes verticales avec celles des autres étages;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2°. Les vides doivent être, autant que possible, régulièrement espacés, et ne doivent être ni trop grands ni trop multipliés. Léon-Baptiste Alberti, qui a étudié avec autant de sagacité que de persévérance les monumens antiques, a fait l'observation très importante que les parties *évidées* ou vides des façades d'un édifice n'en occupaient pas en superficie plus que la septième partie, et pas moins que la neuvième.

3°. Les parties basses, ayant toute la charge supérieure de l'édifice à supporter, doivent être plus fortes et moins évidées que les autres. On remarque cependant un grand nombre d'édifices qui, par un contre-sens blâmable, présentent au rez-de-chaussée de grandes ouvertures très rapprochées, et des petites fenêtres aux étages supérieurs.

4°. On doit éviter soigneusement d'affaiblir les angles des édifices, et les ouvertures doivent en être éloignées le plus possible. Dans les édifices les mieux conçus les encoignures des murs ont été renforcées par des chaînes verticales, ou saillantes, ou formées par des matériaux plus solides.

5°. Il faut éviter de faire correspondre de fortes charges sur les vides, quelle qu'en soit l'espèce. Il résulte de ce principe que, les architraves des colonnes isolées étant faibles par leur nature, soit qu'elles résultent d'une plate-bande à claveaux, soit d'un seul bloc pour chaque entre-colonnement, on ne doit jamais leur faire supporter un mur élevé. Ainsi l'emploi d'un portique à colonnes isolées et à plates-bandes est inconvenant au rez-de-chaussée, quand il est surmonté d'un mur ordinaire, comme on en voit des exemples dans la cour de l'École de médecine et dans le collége Bourbon, à Paris. On remarque à Rome, dans le portique de Saint-Pierre, que plusieurs plates-bandes en marbre dur et monolithes se sont fendues en partie sous la charge qu'elles supportent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6°. On doit toujours établir, lorsqu'on peut le faire, des arcs de décharge sur les plates-bandes et sur les arcs surbaissés. Les anciens ont constamment mis en pratique ce principe essentiel, qui est une conséquence nécessaire du précédent. Les constructeurs soigneux n'oublient jamais, en Italie, de former un arceau en briques au-dessus de toutes les fenêtres qui ne sont point cintrées.

7°. Les voûtes à berceau et celles à arc de cloître produisant une poussée égale sur toute la longueur des murs qui leur servent de soutien, elles excluent l'emploi des supports formés par des colonnades à plates-bandes, à moins qu'on n'établisse des *lunettes* de décharge au-dessus de chaque entre-colonnement.

8°. Les voûtes à arêtes, donnant la faculté de transporter et de concentrer la poussée sur des points déterminés, sont celles qui facilitent le plus les évidemens dans les masses. Par ce motif elles ont été employées souvent par les Romains et toujours par les architectes qui ont érigé les monumens gothiques.

Examinons maintenant les allégemens que l'on peut pratiquer dans un mur pris isolément, puis nous nous occuperons de ceux qui résultent de la distribution d'un édifice dans son ensemble.

Les allégemens que l'on peut pratiquer dans un mur sont de deux espèces : 1° ceux qui dérivent de l'emploi des contreforts, des pilastres ou des colonnes ; 2° ceux qui proviennent des ouvertures ou des cavités formées dans l'épaisseur du mur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De l'emploi des contre-forts, des piliers et des colonnes pour alléger un mur.

La solidité d'un mur dépend 1° de sa connexion, qui doit être assez forte pour empêcher que nulle part il ne puisse ni se désunir, ni perdre son aplomb; 2° de la largeur que présente sa base dans les endroits qui doivent supporter plus particulièrement des charges ou des efforts obliques. Ces deux conditions, loin d'exiger une continuation de masse non interrompue, permettent de former tous les évidemens qui ne détruisent point la connexion, et qui ne diminuent point la largeur de la base dans les positions déterminées.

Conséquemment on pourra substituer à un mur plein un mur évidé par des arcades (pl. XVII, fig. 2); ce mur ainsi allégé aura une solidité suffisante, 1° si sa grosseur est proportionnée à sa hauteur; 2° si les supports des arcades de divers étages se correspondent exactement; 3° si les poussées et les charges principales correspondent directement contre ces supports, espacés régulièrement; 4° si les ouvertures ne sont pas trop rapprochées des encoignures; 5° si, conformément à l'observation d'Alberti, la superficie des vides ne dépasse point la septième partie de la surface totale; 6° si la maçonnerie a été soigneusement exécutée.

Les ouvertures de ce mur pourront être ensuite diminuées à volonté par une simple maçonnerie de remplissage qui ne requerra qu'une force bien moindre que celle des parties principales.

Il est évident que les parties d'un mur ont des charges d'autant moindres à supporter qu'elles se rapprochent du sommet; ainsi il serait superflu de lui donner une force et une grosseur égale depuis la base jusqu'à la sommité. Cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminution ne doit point être continue, mais elle doit se faire *par retraite*, étage par étage. Palladio prescrit que les retraites soient entièrement à l'extérieur et que le mur soit d'aplomb intérieurement, parce que cette disposition lui donne plus de résistance contre les poussées. Le Colisée offre une disposition contraire, les retraites se trouvent à l'intérieur, de manière que les corridors et les pièces placés aux étages supérieurs se trouvent un peu élargis.

Plusieurs constructeurs fixent la diminution totale du mur à un quart, de sorte que s'il a 2 pieds d'épaisseur à la base, il n'aura plus que 18 pouces au dernier étage. Scamozzi fixe la diminution à un tiers, pour un mur de 80 pieds de hauteur.

Les murs en général, au rez-de-chaussée, doivent être faits avec des matériaux durs et solides, non-seulement pour mieux résister aux pressions de la masse, qui se font sentir plus fortement dans cet endroit; mais encore pour pouvoir opposer plus de résistance soit aux frottemens, soit à l'action de l'humidité. Caton conseille de former, même pour les bâtimens ruraux, des assises de pierres dures posées avec du bon ciment, qui sortiront au moins un pied de terre, pour servir de soubassement au mur. Alberti veut que tous les édifices de quelque importance aient le rez-de-chaussée construit en pierre de taille dure, et que l'on emploie les blocs de plus grande dimension possible. *Al primo recinto*, dit-il, *tirato a piano sopra il terreno non faremo le corteccie se non di pietre riquadrate molto grandi e molto dure, perche avendo ad essere la muraglia quanto più si può intera e salda, in tutto esso muro non è luogo alcuno dove bisogni maggior saldezza, ne maggior stabilità che in questo; anzi se potrei avere una sola pietra lo formerei con essa, o veramente con*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quel numero di pietre che sia più che si può vicino all' integrità e perpetuità d'una sola.

On pourra évider un peu plus le mur si, comme la fig. 9, pl. XVII, l'indique, l'on remplace les piliers qui soutiennent les arcades par des groupes de deux ou de quatre colonnes, et si l'on forme des vides circulaires entre les archivoltes des arcades. Les figures 7 et 11 représentent des dispositions analogues.

Les groupes des colonnes qui servent de pieds-droits aux arcades, peuvent être distribués de différentes manières :

1°. Le pilier qui supporte les *retombées* de deux archivoltes (pl. XVII, fig. 6) n'est formé que par une seule colonne, comme on le voit dans plusieurs basiliques anciennes et dans quelques édifices modernes. Cette disposition n'est point agréable à la vue, et donne à ces piliers un aspect grêle et disproportionné.

2°. Le pilier est formé par deux colonnes accouplées dans le sens de la largeur du mur (fig. 10); ces colonnes ont un piédestal et un entablement. Cette disposition a été employée par le Palladio dans le cloître de Saint-Georges, à Venise, dont le portique qui en résulte a une élégance remarquable.

3°. Si le mur a une médiocre épaisseur, le groupe est formé par deux colonnes accouplées en façade et surmontées de leur entablement. (Voyez fig. 7 et 9.)

4°. Si le mur est trop épais pour que deux colonnes suffisent, on forme un groupe de quatre colonnes (fig. 11 et 12). Les colonnes peuvent être isolées, ou bien elles peuvent être insérées en partie dans un massif carré, comme on le voit dans le vestibule du Louvre qui est du côté du quai.

Souvent des pilastres, des demi-colonnes ou des colonnes adossées au mur, ornent le devant des piliers (pl. XVII,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fig. 1) et supportent l'entablement en saillie qui couvre les arcades. Cette disposition a été mise en œuvre dans plusieurs édifices antiques, et notamment dans les façades courbes du Colisée et du théâtre de Marcellus, à Rome; les modernes en ont fait un usage très fréquent. On doit observer qu'elle ne produit un effet satisfaisant que pour deux étages; lorsque les édifices s'élèvent à une plus grande hauteur, on remarque, 1° que les arcades acquièrent trop de largeur en comparaison de la hauteur; 2° les colonnes diminuant de diamètre à chaque étage, celles des ordres les plus élevés deviennent grêles et rendent l'entre-colonnement disproportionné.

La disposition indiquée pl. XVII, fig. 3, se voit à la façade de la nouvelle salle de l'Opéra. Des demi-colonnes adossées aux arcades soutiennent l'entablement, et d'autres colonnes plus petites, placées latéralement, supportent la retombée des archivoltes.

Les pilastres et les colonnes adossées au mur s'emploient aussi lorsqu'on ne fait point usage d'arcades; elles servent alors à soutenir les entablemens en saillie qui couronnent les édifices ou bien qui forment la séparation des étages. Dans tous les cas, elles doivent toujours être regardées comme des chaînes verticales ou des contre-forts, dont le but principal est de favoriser les allégemens du mur.

Dans quelques édifices tous les étages ont un ordre d'Architecture en particulier. Dans ce cas, les colonnes ou les pilastres qui composent les ordres superposés doivent diminuer de diamètre et de hauteur à chaque étage. Vitruve prescrit que les colonnes du second ordre aient un quart de moins de hauteur que celles du premier, et que celles du troisième soient également d'un quart moindres que celles du second. Si l'on fait usage de soubassement à chaque ordre, Vitruve veut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le rapport de la hauteur du second ordre, y compris le soubassement, soit à celle du premier comme 11 à 16, et que le rapport entre la hauteur du troisième et du premier soit comme 15 à 32.

On doit remarquer qu'un soubassement devient indispensable aux ordres du second étage si l'on veut éviter l'inconvénient qu'une partie des colonnes soit cachée par la saillie de l'ordre qui se trouve au-dessous; mais il ne faut pas lui donner une hauteur excessive, ainsi qu'on l'a pratiqué à la façade de Saint-Sulpice.

La règle donnée par Vitruve rend les diminutions des ordres trop fortes; voilà pourquoi on préfère généralement la règle de Scamozzi, qui consiste à donner au diamètre inférieur des colonnes du second ordre la grandeur du diamètre supérieur des colonnes du premier ordre: cette même règle s'applique également au troisième ordre. Le rapport entre les deux diamètres étant, suivant Vignole, de 6 à 5, il en résulte que la diminution des colonnes superposées ne sera que d'un sixième tant en diamètre qu'en hauteur.

On remarque au Colisée que les diamètres des ordres superposés sont tous égaux. Dans la cour du palais Pitti, à Florence, les ordres les plus élevés ont des hauteurs plus grandes que les inférieurs, contre le précepte généralement admis.

Ce précepte, lequel a pour base le principe incontestable que les parties basses, ayant une plus grande charge à supporter, doivent être plus vigoureuses que celles qui, en s'élevant, sont chargées d'un moindre fardeau, produit cependant de graves inconvéniens qui justifient, jusqu'à un certain point, la pratique mise en usage au palais Pitti, et surtout celle employée au Colisée, laquelle est plus convenable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces inconvéniens sont, 1° que, les entablemens diminuant progressivement de hauteur, le dernier, qui se trouve sous le comble, devient le plus petit, tandis que raisonnablement il devrait être le plus grand, pour abriter, les parties basses de l'édifice. Le célèbre Sansovino, pour éviter cet inconvénient grave, a donné à l'entablement du second ordre de la magnifique façade de la Bibliothèque de Venise, une hauteur excessive par rapport aux colonnes qu'il surmonte.

2°. La saillie des entablemens élevés étant moindre que celle des entablemens en dessous, ces derniers sont exposés à recevoir leurs écoulemens; et l'eau, rejaillissant contre les murs, les salit et les dégrade, comme on peut le remarquer dans l'intérieur de la cour du Louvre, spécialement à la façade tournée vers le Nord. Pour éviter cet inconvénient très nuisible, on ne doit point négliger de former des chenaux à chaque entablement, et de faire écouler l'eau par des tuyaux qui la conduisent en bas, ou par des gargouilles qui la lancent loin du mur.

3°. Les entre-colonnemens des ordres supérieurs deviennent d'autant plus disproportionnés que (en opposition de ce qui est généralement admis dans tous les autres cas) les ordres les plus délicats ont un entre-colonnement plus large que ceux qui ont un caractère plus grave.

4°. S'il se trouve des arcades entre les colonnes, on est obligé de diminuer progressivement leur hauteur; ce qui donne un aspect plus lourd à celles qui se trouvent entre les colonnes les plus délicates.

Pour affaiblir tous ces défauts, il faut éviter, autant que l'on peut, de superposer plus de deux ordres. Si l'on était obligé d'en superposer trois, il serait convenable, en bien des cas, d'imiter l'exemple de Bramante, lequel, dans la cour du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vatican, a employé les premiers ordres avec arcades, et le dernier à jour et à colonnes isolées. Nous croyons en outre que dans ce cas il est convenable de donner, ainsi qu'on le voit au Colisée, un égal diamètre aux colonnes des divers ordres.

En général les arcades produisent un plus bel effet dans les entre-colonnemens des ordres superposés, que les autres espèces d'ouvertures; on a d'ailleurs toujours la faculté d'adapter à ces arcades des murs légers de remplissage, et d'y pratiquer des ouvertures plus petites. Un des motifs qui, dans ce cas, rendent les arcades plus convenables, c'est qu'on peut rendre saillantes les clefs des archivoltes, de manière qu'elles soulagent les architraves en les soutenant au milieu des entre-colonnemens. Ces clefs, qui peuvent être ornées de différentes manières, servent tout-à-la-fois à un but utile et à la décoration. On voit de belles clefs saillantes à l'amphithéâtre de Capoue, et aux Procuraties neuves de Venise.

Si l'on ne veut point faire usage d'arcades dans les entre-colonnemens, et qu'on veuille y pratiquer de grandes fenêtres parallélogrammiques, on doit éviter d'orner ces fenêtres d'entablemens et de frontons, ainsi qu'on l'observe dans la cour du Louvre; car, 1° ces frontons sont inconvenans, puisque les fenêtres se trouvent abritées par la saillie de l'entablement; 2° les dimensions des entablemens des fenêtres étant à peu près égales à celles de l'entablement de l'ordre, il résulte qu'elles le font paraître très mesquin.

La fig. 2, pl. XVIII, indique des arcades dont celles du milieu n'ont pas de supports; cette singularité a été imaginée dans les temps de décadence, quand l'on cherchait à surprendre par des difficultés réelles ou apparentes, plutôt qu'à plaire par des beautés réelles. On conçoit que, les arcades étant égales, les poussées se contrebalancent et se détruisent; de sorte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les piliers intermédiaires, s'il y en avait, n'auraient à supporter que le poids des parties qui les surmontent; or, si ce poids est médiocre, il sera facile de le soutenir, à l'aide de tirans cachés, ou de toute autre manière.

Les pilastres, n'ayant ordinairement qu'une petite saillie, ne remplissent pas aussi bien leur effet que les colonnes adossées, soit qu'on les considère comme contre-fort, pour pouvoir alléger le mur, soit qu'on les envisage comme objet de décoration. La saillie n'est communément que d'un huitième de la largeur; mais il vaut mieux suivre la règle de Scamozzi, qui prescrit qu'elle soit d'un quart.

A l'égard des pilastres, il est une question qui n'est pas encore décidée : doit-on, à l'instar des colonnes, diminuer progressivement leur largeur de bas en haut? Les édifices les plus accrédités nous présentent des exemples pour et contre, et les auteurs ne s'accordent pas mieux. Il nous paraît cependant que l'œil, étant accoutumé à voir constamment cette diminution dans les colonnes, aime à la voir également appliquée aux pilastres.

Dans plusieurs édifices, les colonnes adossées ou les pilastres embrassent, dans leur hauteur, deux étages, ou bien un étage et un entresol (pl. XVIII, fig. 3); alors l'ordre présente plus de grandeur, et les dimensions de l'entablement sont plus en rapport avec la hauteur du bâtiment. Mais on doit éviter de renfermer trois étages dans la hauteur d'un ordre; dans ce cas, les colonnes ou les pilastres paraissent colossaux, et l'entablement semble écraser l'édifice.

Un mur plein, au rez-de-chaussée (pl. XVIII, fig. 3), portant un ordre qui embrasse un grand et un petit étage, présente une disposition convenante, ainsi qu'on peut l'observer à la belle façade du Louvre du côté du quai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons dit (pag. 270) qu'il convient de renforcer, autant que possible, les encoignures des édifices; voilà pourquoi, dans un grand nombre d'édifices, on a adopté avec raison l'usage de placer deux pilastres accouplés près des encoignures (pl. XVIII fig. 3), ou bien un pilastre angulaire et une colonne adossée. Les temples antiques, lorsqu'ils n'étaient point décorés de colonnes, avaient quatre pilastres angulaires, ainsi que la fig. 4 l'indique.

Un mur a d'autant plus de stabilité qu'il a d'*empatement*. Ce principe évident a donné naissance aux contre-forts, soit pleins, soit évidés. Ainsi, lorsque l'on emploie les colonnes en guise de contre-forts, elles rempliront leur but avec plus d'efficacité, étant un peu éloignées du mur, que lorsqu'elles y sont immédiatement adossées. Mais cet éloignement donne une grande saillie à l'entablement; et celui-ci ne se trouvant pas suffisamment soutenu, on a pris le parti de former un *ressaut* au-dessus de chaque colonne, c'est-à-dire de couper l'entablement de manière qu'il forme une saillie, et se profile au-dessus de chaque colonne, comme on le voit pl. XVII, fig. 4. Les contre-forts formés par une seule colonne étant un peu grêles, on a souvent employé à cet usage deux colonnes accouplées, ainsi que la fig. 5 l'indique.

Ce mode de construction a été très convenablement employé par les anciens pour renforcer et décorer en même temps les murs isolés, surtout lorsqu'ils avaient beaucoup d'étendue en ligne droite, comme dans les grandes cours qui précédaient les temples; par ce même motif, ils l'ont aussi adapté aux arcs de triomphe. On se tromperait donc, si l'on supposait que ces colonnes saillantes, placées devant les murs, ne sont qu'un ornement, et qu'elles ne servent qu'à supporter les statues qui sont placées au-dessus: elles peuvent, à la vérité, ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas être indispensables ; mais elles augmentent toujours la solidité, quand elles sont employées avec discernement.

Des ouvertures et des cavités.

Les évidemens ont pour but, ou de diminuer simplement la masse du mur, ou de soulager les parties faibles, ou d'ouvrir des communications, ou enfin de livrer passage aux tuyaux servant à divers usages. Les niches sont des évidemens de la première espèce.

Niches.

Quoique ces évidemens soient considérés comme de purs objets de décoration, néanmoins elles peuvent contribuer efficacement à diminuer la consommation des matériaux.

La grandeur et la profondeur des niches dépendent de l'épaisseur du mur ou du massif dans lequel elles sont pratiquées. Les enfoncemens qui servent maintenant de chapelles au Panthéon, à Rome, ne furent originairement que des niches qui ont servi à évider le mur, pour diminuer la masse ; d'autres évidemens demi-circulaires pratiqués de distance en distance dans le même mur coopèrent à son allégement ; mais ils ne sont point visibles. Des colonnes ornent la façade de ces chapelles, et soutiennent la plate-bande qui les surmonte (pl. XVIII, fig. 7). Malgré l'admiration que nous professons pour ce beau monument, nous ne pouvons nous empêcher de trouver de l'inconvenance dans cette plate-bande, qui semble supporter tout le fardeau du mur supérieur ; et nous aurions préféré que ces chapelles, au lieu d'être disposées ainsi que la fig. 7, pl. XVIII, l'indique, eussent eu la forme désignée fig. 8, où l'on voit qu'un arc allége l'entablement de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'ordre. Ce même arc contribue à augmenter l'évidement et à lui donner plus d'élégance en l'élevant de plus.

Des murs de 12 à 14 pieds d'épaisseur étant rarement employés, les niches n'ont pas souvent d'aussi grandes dimensions que celles dont nous venons de parler.

On distingue quatre sortes de niches: 1° les rectangulaires (pl. XVIII, fig. 11), dont le plan et la façade sont également rectangulaires; 2° les mixtes (fig. 12), dont la façade est rectangulaire et le plan demi-circulaire; 3° les niches à arc (fig. 13), dont le plan est demi-circulaire et la façade a la forme d'une arcade; 4° les circulaires, qui ont ordinairement la forme demi-sphérique.

Les façades des niches des trois premières espèces ont en hauteur le double de la largeur. Plusieurs monumens antiques présentent des niches, sur une même ligne, d'égale hauteur et d'égale largeur, mais qui sont alternativement de la seconde et de la troisième espèce, ainsi que la fig. 12 l'indique.

Les niches offrent des emplacemens très convenables pour les statues, qui s'y trouvent parfaitement abritées. Il faut cependant que la grandeur des statues soit proportionnée à celle des niches. On a observé qu'une statue produit un bel effet lorsque sa tête est éloignée du sommet de la niche d'autant de pouces que la statue a de pieds en hauteur. On place un plinthe sous chaque statue, surtout lorsque la niche est élevée, pour qu'elle apparaisse en entier à la vue du spectateur. Les niches circulaires sont ornées ordinairement de bustes. On peut en voir un exemple à la façade de la nouvelle salle de l'Opéra.

On pratique souvent, dans les gros massifs, des voûtes et des arcs rampans, qui ne sont pas visibles et qui servent à diminuer la masse; on peut d'ailleurs en tirer parti pour en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

former des communications secrètes ou des dépôts de divers objets. Les fig. 1, 5, pl. XVIII, représentent des évidemens de ce genre.

Il est une espèce d'évidemens qui a la double utilité de diminuer les masses et de soulager les parties faibles. Tels sont ceux indiqués pl. XVIII, fig. 6. Les anciens formaient des arceaux *aaa* au-dessus des architraves des péristyles, ainsi qu'on le remarque au temple de la Concorde, à Rome. Ces arceaux n'étaient point visibles du côté de la façade, parce qu'ils étaient couverts par des dalles de marbre ou de pierre dure; cette précaution utile mérite d'être imitée, de même que celle d'évider le fronton par un plus grand arc B. Dans quelques cas on peut, sans inconvénient, rendre visible cet arc, qui ne dépare point le fronton, ainsi que la fig. 10 l'indique; mais si on veut le cacher, on pourra le faire aisément par un placage en pierres de taille ou en marbre.

Les anciens ne manquaient pas d'évider le dessous des perrons de leurs temples et des gradins de leurs cirques par des arcs rampans (pl. IX, fig. 6). Palladio a constamment imité le même exemple. Ils formaient aussi une voûte demi-circulaire (pl. XV, fig. 5) sous les escaliers à double montée, comme on le voit aux escaliers du troisième étage dans le Colisée.

Des portes.

Les auteurs qui ont écrit sur l'Architecture s'accordent à fixer la proportion des portes à deux carrés de hauteur, c'est-à-dire que la hauteur doit être double de la largeur; ils permettent cependant de porter cette hauteur jusqu'à deux largeurs et demie, mais ils regardent une plus grande élévation comme disproportionnée.

La régularité semblerait indiquer que les portes rectan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gulaires aient leurs côtés latéraux parallèles et d'aplomb. Cependant Vitruve veut qu'on les incline un peu, de manière qu'ils soient plus rapprochés dans le haut que dans le bas, (pl. XIII, fig. 7). Plusieurs monumens antiques, et notamment le temple de Vesta à Tivoli, et celui d'Hercule à Cori, nous présentent cette forme, que le grand Palladio a quelquefois mise en usage. On ne comprend pas aisément le motif d'une telle singularité, que nous croyons devoir être rejetée, malgré les autorités respectables qu'elle a en sa faveur.

La destination des portes ne permet pas toujours de leur donner la proportion que nous avons indiquée ci-dessus. Les portes cochères doivent, par exemple, être assez larges pour laisser entrer librement les voitures; mais souvent la hauteur du rez-de-chaussée n'est pas suffisante pour qu'on leur donne une élévation double de la largeur. On peut, il est vrai, les élever quelquefois jusqu'au-dessus de l'entresol; mais alors, si les étages sont bas et les fenêtres petites et rapprochées, leur grandeur forme une disparité choquante avec la petitesse des autres ouvertures. On voit à Paris des portes cochères dont la superficie est neuf à dix fois plus grande que celle des fenêtres. Dans ce cas, il vaut bien mieux leur donner une forme carrée, comme les figures 1, 2, 6 l'indiquent. Les portes cochères qui n'admettent que des voitures, ne peuvent pas avoir moins de 8 pieds; mais il faut qu'elles en aient au moins 11, si les grands chariots de roulage doivent y entrer.

Le *linteau* de la porte doit être droit, s'il est formé par une pièce de bois mise en travers et revêtue de plâtre (fig. 1); mais la forme courbe d'une voûte surbaissée (fig. 2 et 6) est préférable lorsque l'on emploiera des claveaux en pierres de taille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une corniche surmonte ordinairement la porte pour en éloigner la pluie. Cette corniche peut être soutenue ou par des modillons (fig. 1), ou par des pilastres (fig. 6).

Lorsqu'on a un emplacement suffisant pour donner aux portes cochères les proportions qui leur conviennent, alors la meilleure forme que l'on puisse adopter est celle d'une arcade.

Si l'on voulait donner à une porte un caractère grave et sévère, on pourrait se servir de la forme indiquée pl. XIII, fig. 4, qui conviendrait à une forteresse ou à une prison.

Les fig. 3 et 5 représentent deux portes cochères à arcades, qui ne sont point décorées de colonnes. Les portes fig. 9 et 10 ont des colonnes qui soutiennent l'entablement en saillie sur lequel on pratique un balcon. Dans ce cas, une clef devient fort utile, car elle soutient l'entablement en même temps qu'elle orne la porte. On donne ordinairement à la bande de l'archivolte une largeur égale à la huitième ou à la neuvième partie du diamètre; elle ne doit jamais avoir moins d'un neuvième, ni plus d'un sixième. La frise et la corniche se proportionnent d'après les dimensions de la bande.

Les palais, les grands hôtels et en général les édifices très fréquentés, exigent deux portes latérales à côté de la porte cochère (fig. 10); alors la porte cochère est spécialement destinée pour les voitures, et les latérales pour les gens de pied, dont l'une sert pour la sortie et l'autre pour l'entrée. On doit remarquer que dans les grandes foules il n'y a rien qui augmente plus la confusion et qui occasionne plus d'accidens qu'un seul passage servant simultanément pour ceux qui entrent et pour ceux qui sortent. Les architectes de la plupart des monumens gothiques ont su éviter cet incon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vénient en construisant des portes doubles, ainsi qu'on le voit fig. 8.

Dans l'intérieur, toutes les portes doivent avoir au moins deux carrés de hauteur. La forme rectangulaire est préférable pour ces portes, parce que les *battans* se replient mieux et plus régulièrement dans les *embrasures*. Les frontons sont inutiles et inconvenans à ces sortes de portes, qui ne veulent que de simples corniches soutenues ordinairement par des modillons : la fig. 11 indique l'ajustement et la décoration que l'on peut appliquer à une porte de cette espèce. On peut aussi les enrichir par des colonnes ou par des cariatides. (Voyez fig. 12.)

Les portes des édifices antiques étaient souvent en bronze. Celle du Panthéon existe encore. Les portes magnifiques du Baptistère de Florence sont sans doute les plus belles que l'on connaisse ; elles furent construites par Giberti ; Michel-Ange en était tellement enthousiasmé qu'il disait qu'elles pouvaient servir de portes au Paradis. On voit une très belle porte en bronze dans la salle des cariatides au Musée. On voit aussi dans le même établissement une porte en fer parfaitement bien exécutée ; elle se trouve à l'entrée de la galerie d'Apollon.

Des fenêtres.

Les fenêtres ont une grande analogie avec les portes, soit pour les proportions comme pour les formes. La forme rectangulaire ayant deux carrés de hauteur est la plus convenable pour les fenêtres de médiocre grandeur. Celles qui ont de plus fortes dimensions peuvent avoir la figure d'une arcade à plein cintre ; mais on doit rejeter les fenêtres à arc surbaissé, qui ont été pendant long-temps usitées en France, et dont la forme est d'autant plus mauvaise qu'elles ont presque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours une hauteur disproportionnée, qui souvent a plus de trois carrés et demi. Il est fâcheux que de semblables fenêtres déparent les façades magnifiques du Louvre.

Les fenêtres sont généralement plus petites dans les climats chauds et où l'air est habituellement pur, que dans les pays humides et sujets aux brouillards. Aussi remarque-t-on qu'à égalité de circonstances les façades des maisons et des hôtels présentent, à Paris, des fenêtres plus nombreuses, plus grandes et plus rapprochées que dans les villes d'Italie.

Cette multiplicité et ce rapprochement d'ouvertures sont d'autant plus sensibles à Paris, que les étages ont en général moins d'élévation qu'en Italie. Elles produisent deux mauvais effets : le premier est l'affaiblissement des murs, trop grand pour qu'ils aient une longue durée; le second est qu'elles détruisent ce caractère de consistance et de majesté qu'ont les beaux édifices de l'Italie.

Nous devons cependant avouer avec plaisir que depuis quelques années on a diminué cette vicieuse multiplicité, et que l'on se rapproche de plus en plus des méthodes italiennes, autant cependant que la différence de climat le permet.

Dans un édifice, en général, la grandeur des fenêtres doit, autant que possible, être proportionnée à celle des pièces principales. Palladio enseigne la règle suivante : On choisira une des pièces de moyenne grandeur, et on donnera aux fenêtres une largeur qui ne sera pas plus grande que le quart de la largeur de cette pièce, ni moindre que le cinquième. Ce grand architecte prescrit en outre quelques variations dans le rapport de la largeur et de la hauteur des fenêtres, suivant le caractère de l'édifice; ainsi dans les façades ornées et délicates, les fenêtres auront en hauteur un cinquième ou un sixième de plus que la double largeur; et, au contraire, elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

auront cette quantité de moins dans les édifices plus graves et plus simples. Les fenêtres des chambres plus petites, quoiqu'elles aient extérieurement les mêmes dimensions et la même forme que les autres, peuvent être diminuées intérieurement par un remplissage qu'on cache, ou à l'aide d'une portion de persienne fixe, ou d'une autre manière équivalente.

Les remplissages donnent le moyen de former des façades à grands compartimens, quoique les fenêtres ne puissent avoir qu'une médiocre grandeur (pl. XIV, fig. 21). On a fait usage de ce parti dans la grande façade du palais Pitti, à Florence, si simple et en même temps si majestueuse.

Ce que nous venons de dire se rapporte aux étages principaux, mais comme la plupart des édifices, surtout les plus grands, ont des demi-étages ou *entresols*, les fenêtres de ces entresols doivent conserver la même largeur que les autres; il faut conséquemment qu'elles aient une moindre hauteur; souvent elles sont carrées (fig. 10), quelquefois elles sont moins hautes que larges (fig. 11). Ces sortes de fenêtres doivent être lisses, ou, tout au plus, être enveloppées d'une simple bande qui les environne tout autour; les ornemens seraient, dans ce cas, inconvenans et inutiles.

La forme circulaire (fig. 6) est dans quelques cas applicable aux fenêtres basses. Une fenêtre ainsi formée se nomme *œil-de-bœuf*. L'œil-de-bœuf doit être lisse, ou orné de simple refend; un plus grand luxe serait déplacé et de mauvais goût.

La forme demi-circulaire (fig. 8) est très convenable aux grandes fenêtres qui doivent illuminer les édifices voûtés. Les fenêtres ainsi conformées produisent un bel effet dans les églises et dans tous les édifices qui aiment à être éclairés par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le haut. Les fenêtres demi-circulaires s'adaptent très bien aux entresols compris dans la hauteur des arcades. Dans ce cas, on laisse quelquefois un remplissage des deux côtés (fig. 9), si la fenêtre demi-circulaire entière est trop grande.

On voit, dans les églises gothiques, des fenêtres circulaires de grande dimension (fig. 2), qui ont quelquefois jusqu'à quarante pieds de diamètre; elles sont garnies de nervures en pierres, fixées par des bandes et des goujons en fer. La conformation de ces nervures leur a fait donner le nom de *roses*. On les garnissait avec des verres colorés. Les autres fenêtres de ces édifices (fig. 1) sont aussi garnies de nervures, et ont ordinairement la forme que la figure indique. Malgré notre attachement exclusif à la belle et noble architecture grecque et romaine, nous ne pouvons disconvenir que nous avons souvent été charmé agréablement par la vue des magnifiques *roses* de Notre-Dame, et des beaux vitraux colorés de la cathédrale de Milan. Il nous semble que ces objets forment une des décorations les mieux appropriées aux églises, et qu'il serait à désirer qu'on pût les combiner avec les formes consacrées par la bonne Architecture.

Les fenêtres gothiques donnèrent naissance aux fenêtres conformées comme la fig. 3 l'indique. Elles furent en usage dans le quatorzième et le quinzième siècle. Plusieurs églises et palais de Venise et de Florence, qui furent construits à cette époque, ont des fenêtres de cette espèce.

A Venise, la plupart des maisons et des hôtels ont à chaque étage, dans le milieu, une grande pièce que l'on nomme *tinello*. Cette pièce est éclairée ordinairement par trois ou par cinq fenêtres contiguës et qui ne sont séparées que par des colonnes ou des piliers carrés, qui en ont les proportions. Voilà pourquoi on a donné le nom de *fenêtres à la Vénitienne* aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fenêtres accolées, et plus particulièrement à celles qui ont la forme indiquée fig. 3. On voit, fig. 4, trois fenêtres accolées égales, dont les arcs sont soutenus par des piliers ; le tout est surmonté d'un fronton qui les défend de la pluie.

Les fenêtres fig. 12, 13, 14, 15, 16 et 17, ont les proportions que nous avons indiquées précédemment, et sont rectangulaires. La fenêtre fig. 12 est lisse, et n'a aucune autre partie saillante que la tablette. Celle fig. 13 est entourée d'une bande, et la tablette est soutenue par des modillons. La fenêtre fig. 14 est lisse, mais elle est surmontée d'une corniche que des modillons soutiennent; la tablette s'appuie aussi sur deux modillons. Les corniches planes qui couvrent les fenêtres doivent en général être terminées en dessus par une concavité qui éloigne la pluie du mur, et en facilite l'écoulement.

Les fenêtres fig. 16 et 17 sont plus ornées. Outre la bande qui les environne, elles ont une frise et une corniche surmontée par un fronton. La corniche et le fronton sont soutenus par des modillons en forme de consoles; une bande lisse verticale se trouve sous les consoles. Les frontons sont alternativement triangulaires et à arc de cercle surbaissé; les uns et les autres doivent avoir la même hauteur. Palladio a fait un fréquent usage de cette sorte de fenêtres.

Un entablement complet orne la fenêtre fig. 15 ; la saillie de cet entablement est soutenue par des colonnes; et le mur d'appui de la fenêtre est figuré en forme de piédestal. Quelquefois on évide ce piédestal dans la partie qui correspond à l'ouverture de la fenêtre, et on le garnit de *balustres*.

Palladio a quelquefois employé au rez-de-chaussée des fenêtres disposées ainsi que la fig. 7 l'indique. Elle est surmontée d'une plate-bande, dont les claveaux augmentent progressivement de longueur en allant vers la clef. Un arc de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décharge à plein-cintre s'élève au-dessus de la plate-bande, qu'il allége; l'appareil en est marqué par des refends, et un mascaron orne la clef.

Les figures 18, 19, 20 et 21, représentent divers ajustemens de fenêtres en forme d'arcades. Les fenêtres fig. 18 sont lisses; mais des corniches, soutenues par des modillons, les défendent de la pluie. Celles fig. 19 sont placées dans des encadremens rectangulaires dont le creux a autant de profondeur que les *impostes* des arcs ont de saillie.

Les massifs entre les fenêtres fig. 20 étant larges, ont des cavités rectangulaires placées au-dessus et au-dessous des impostes. La figure 21 représente des arcades à refends rustiques, qui renferment des fenêtres dont les arcs sont concentriques aux arcades qui les encadrent.

On adapte des frontons aux fenêtres et aux portes pour les défendre de la pluie; ainsi ces frontons sont convenables toutes les fois que les fenêtres ou les portes sont éloignées d'une corniche qui a une saillie suffisante pour les abriter; mais ils seront surperflus et inconvenans lorsqu'un entablement se trouvera placé à une petite distance au-dessus des fenêtres.

Les fenêtres du premier étage sont celles qui, en général, doivent être couvertes de corniches ou de frontons; mais celles des derniers étages, qui sont voisines de la saillie du comble, ne doivent avoir que de simples bandes.

Le rez-de-chaussée des édifices ornés étant souvent configuré en forme de soubassement simple et grave, les fenêtres doivent avoir la même simplicité et la même gravité; et, dans ce cas, l'ornement qui leur convient le mieux consiste dans des refends qui en marquent l'appareil.

Il est essentiel d'éviter soigneusement que les fenêtres du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dernier étage ne coupent l'entablement; car les mutilations de ce genre produisent toujours un effet qui déplaît singulièrement à la vue, en même temps qu'il nuit à la solidité. Les galeries du Louvre présentent ce défaut choquant.

On doit, autant que possible, élever les fenêtres du rez-de-chaussée, de manière que l'œil du curieux ne puisse découvrir l'intérieur; et quand cela ne se peut, on doit y appliquer des portions de jalousie à demeure.

Des cheminées.

Il paraît que les anciens Égyptiens, Grecs et Romains, qui habitaient des pays chauds, se servirent rarement de cheminées pour chauffer les appartemens; ils employèrent probablement des fourneaux uniquement pour la cuisine et pour le service des bains et des étuves. Quelques ruines antiques donnent lieu de présumer que l'usage des tuyaux de chaleur ne leur était pas inconnu; ces tuyaux n'étaient vraisemblablement chauffés que par le foyer de la cuisine.

Les anciens et les modernes ont aussi employé des tuyaux pour rafraîchir les appartemens pendant l'été. On voit à Cesi, petite ville peu éloignée de Terni, des fentes dans la montagne, appelées Bouches d'Éole, d'où il sort, pendant l'été, un vent d'autant plus fort et plus froid que la chaleur extérieure est plus forte. Les habitans de Cesi savent en tirer profit en construisant leurs caves au-devant de ces fentes, de sorte que les vins et les fruits s'y conservent pendant très long-temps. Ils conduisent en outre des tuyaux qui aboutissent dans les appartemens; ces tuyaux sont munis de robinets que l'on ouvre quand on veut y introduire la fraîcheur. On a même formé dans les salles à manger des petits tuyaux qui passent sous le buffet et aboutissent dans les endroits où l'on veut placer les bouteilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce même phénomène s'observe en plusieurs autres endroits, et notamment à l'île d'Ischia, à Monte-Testaceo, au pied des roches de Marino, sur les bords du lac de Lugano, etc.; dans ces divers lieux on a formé des tuyaux de fraîcheur analogues à ceux de Cesi.

Palladio rapporte qu'il y avait auprès de Costosa d'anciennes carrières souterraines. La famille *Trenti*, qui possédait une très belle maison de campagne en ce lieu, a fait construire des *ventiducs* qui partaient des carrières et venaient aboutir à une salle souterraine décorée avec somptuosité, qu'ils appelèrent la prison des vents; plusieurs tuyaux partaient de cette salle et se dirigeaient vers les appartemens, que l'on pouvait rafraîchir à volonté en ouvrant des robinets.

Les cheminées ordinaires peuvent servir non-seulement au chauffage, mais dans plusieurs circonstances elles servent de ventilateur et contribuent à dissiper les odeurs fétides et à assainir l'air. M. D'Arcet, chimiste distingué, qui a su souvent diriger la science au profit de l'humanité, a rendu de grands services en propageant l'usage de la ventilation produite par des foyers d'appel. Il publia en mai 1802, dans les Annales des mines, un appareil pour éviter, dans la fabrication du bleu de Prusse, des émanations très incommodes. Il fit construire dans les laboratoires de l'Hôtel des Monnaies un fourneau d'appel destiné à déterminer le tirage des cheminées, au moyen duquel on s'est garanti complètement des vapeurs nuisibles.

Ce même procédé fut depuis appliqué par M. D'Arcet, avec le plus grand succès, à l'assainissement des ateliers de doreurs sur bronze, qui auparavant étaient exposés aux effets nuisibles des émanations mercurielles. L'Académie des sciences lui décerna pour cet objet un prix de 3,000 francs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

provenant d'un legs fait par feu Ravrio, fabricant distingué de bronzes dorés.

La méthode de M. D'Arcet est décrite, avec beaucoup de clarté et de détails, dans son mémoire sur l'art de dorer le bronze. Cette méthode est basée sur le principe que l'ascension de l'air dans le tuyau d'une cheminée aura lieu si la colonne d'air est convenablement échauffée dans le tuyau même, et si on laisse affluer dans la pièce qui contient la cheminée assez d'air du dehors pour pouvoir continuellement remplacer celui qui est entraîné vers la partie supérieure du bâtiment. M. D'Arcet remplit cette condition dans un atelier de doreurs, en faisant construire sous la forge un petit fourneau d'appel pour échauffer à volonté, plus ou moins, la colonne d'air qui se trouve dans la cheminée. Les parois de la cheminée particulière du fourneau d'appel (laquelle entre dans la cheminée principale) sont construites en briques jusqu'à une certaine hauteur, et un tuyau en tôle les surmonte; le bout de ce tuyau doit s'élever dans la grande cheminée jusqu'à six pieds au moins au-dessus du niveau du plafond de l'atelier.

Il est évident que le tirage de la forge sera d'autant plus rapide à l'ouverture où l'ouvrier travaille, que cette ouverture sera plus petite, par rapport à la largeur du tuyau de la cheminée. Voilà pourquoi M. D'Arcet propose 1° de la rétrécir autant que possible par des châssis vitrés à charnière, que l'on pourrait ouvrir plus ou moins, selon le strict besoin; 2° de garnir cette ouverture de rideaux en toile, qui bouchent l'endroit où l'on ne travaille pas et qui ferment totalement l'ouverture quand le travail est fini.

On s'est servi avec succès de la ventilation produite par un fourneau d'appel pour aérer les ateliers des chapeliers où se fait le sécrétage des poils et le baguettage des chapeaux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que les ateliers des broyeurs de couleurs, des miroitiers metteurs au tain. Par ce même moyen on purifie l'air dans les salles de spectacle et dans les hôpitaux.

Dans les hôpitaux, il faut que la ventilation soit combinée avec une chaleur douce et uniforme, si importante pour le bien-être des malheureux qui habitent ces lieux! Le chevalier *Pole* a suggéré un moyen bien simple de concilier ces deux conditions. Il consiste à établir un foyer au-dessus de la salle que l'on veut aérer; des tuyaux provenant du plafond de la salle aboutissent à ce foyer et produisent un courant d'air qui n'incommode nullement les malades, et qui enlève l'air impur, tandis que d'autres tuyaux, qui, de l'extérieur, aboutissent au même plafond, introduisent de l'air pur.

M. D'Arcet a inséré dans le tome VII des Annales de l'industrie un mémoire très intéressant, dans lequel il applique sa méthode de ventilation à la désinfection des latrines, qu'il est parvenu à rendre complètement inodores.

La libre circulation de l'air est une des conditions les plus efficaces pour empêcher les cheminées de fumer; mais il faut qu'elle soit établie de manière que le courant ne puisse offenser les personnes qui se trouvent autour du foyer. Le meilleur moyen est de former ces ouvertures dans le mur de la cheminée, et qu'elles aillent aboutir au foyer même en passant par des tuyaux de briques établis au-dessous.

Franklin a observé, 1° que dans les cheminées il s'établit des courans d'autant plus sensibles que les tuyaux sont plus hauts; 2° que l'air extérieur étant pendant l'été plus chaud que l'intérieur, depuis 9 heures du matin jusqu'à 8 ou 9 heures du soir, il descend alors par la cheminée, et sort par la fenêtre ou par la porte; 3° qu'au contraire, cet air extérieur étant plus froid la nuit, il entre par la porte ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par la fenêtre, et monte par la cheminée; 4° que vers les 8 ou 9 heures du matin, et les 8 ou 9 heures du soir, l'air est comme stationnaire, effet qui résulte d'un passage d'une direction à l'autre. Franklin a proposé d'appliquer cet effet à quelques usages économiques, l'un desquels serait de former des garde-manger dans une cheminée dont on boucherait les deux ouvertures par un simple treillis ou canevas; le courant d'air alternatif et presque continuel qui s'y établirait, tiendrait la viande fraîche et la conserverait.

La bonne construction des cheminées exige qu'elles remplissent deux conditions, savoir, qu'elles ne fument pas, et qu'elles produisent beaucoup de chaleur avec la moindre quantité de combustible possible. On a imaginé diverses sortes de cheminées qui remplissent plus ou moins ces deux conditions, et auxquelles on a donné le nom de *cheminées économiques*.

Les principes d'après lesquels la plupart sont construites sont, 1° de rétrécir l'ouverture, en laissant cependant au chambranle une grandeur qui soit en harmonie avec les autres ornemens de la chambre; la figure parabolique, ayant la propriété de rendre parallèles les rayons caloriques qu'elle réfléchit et qui partent de son foyer, est celle que l'on donne souvent à la partie du fond. Dans les beaux appartemens, la partie visible de l'intérieur de la cheminée est revêtue de carreaux de faïence ou de porcelaine.

2°. On élève la partie supérieure du tuyau de la cheminée au-dessus des constructions voisines, pour que le vent que ces constructions réfléchissent ne puisse refouler la fumée dans le tuyau. Quelquefois on place au-dessus de l'ouverture du tuyau un chapeau tournant en tôle, qui n'a qu'une ouverture latérale, et du côté opposé est placée une girouette fixée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au chapeau ; de manière que l'ouverture se trouve toujours en opposition avec la direction du vent.

3°. Une plaque métallique mobile est placée au-devant de l'ouverture; une crémaillère et une manivelle, munie d'un arrêt, servent à l'élever et à la baisser plus ou moins; on peut aussi rétrécir à volonté l'ouverture du tuyau vertical, ainsi que Franklin l'a proposé; et on peut même le fermer entièrement, à l'aide d'une plaque horizontale qui se meut dans une coulisse; cette plaque livre à la fumée un passage purement suffisant, empêche une trop grande déperdition de chaleur hors de la chambre, et elle modère le courant.

4°. On forme des tuyaux introduisant l'air extérieur dans le foyer, après qu'il a été convenablement chauffé, pour ne pas absorber, après son introduction, une trop grande quantité de calorique.

5°. On établit des tuyaux de chaleur, fermés par des couvercles à charnières, qui aboutissent de la cheminée à l'intérieur pour y introduire la chaleur. Ces tuyaux peuvent être prolongés indéfiniment et passer ou dans l'épaisseur des murs, ou sous le parquet, pour aller chauffer d'autres pièces.

Depuis quelques années on construit à Paris, dans les cafés et dans les appartemens, des poêles qui n'ont point de tuyau vertical visible pour le conduit de la fumée. Tout l'artifice consiste à former dans les parois du poêle un tuyau reployé qui part du haut, descend jusqu'au sol, et se dirige sous le pavé jusqu'à la rencontre d'une cheminée.

Malgré toutes les précautions que l'on peut prendre pour empêcher au courant d'air que le foyer établit de frapper directement les personnes qui se trouvent dans la chambre, cet effet très nuisible aura toujours lieu si les portes et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fenêtres ne se ferment exactement, et permettent l'introduction des vents coulis.

Il faut éviter de construire des tuyaux de cheminée qui s'élèvent à une grande hauteur sur les toits. Il vaut mieux suppléer par des tuyaux de tôle à la hauteur qui peut leur manquer. Les cheminées trop élevées sont une difformité et une occasion de danger qui peut produire des effets funestes lorsque les vents soufflent avec impétuosité. Un des inconvéniens des toits surhaussés, qui existent en si grand nombre à Paris, est d'exiger des cheminées très élevées. Les ornemens dont on peut les enjoliver, seraient-ils d'un goût exquis, ne suffisent point pour détruire le mauvais effet qu'elles produisent. Ainsi les frontons, les moulures, les sculptures des énormes cheminées qui surmontent les toits gothiques des Tuileries, ne servent qu'à faire ressortir leur disproportion.

Les briques sont les matériaux les plus appropriés pour former la maçonnerie des fourneaux et des tuyaux de cheminées. Le chambranle qui orne leur devanture doit être de marbre dans les beaux appartemens; il peut être formé par un entablement régulier, soutenu par des colonnes ou par des cariatides. La frise peut recevoir des rinceaux ou des bas-reliefs sculptés dans le marbre même, ou en bronze doré, ou bien encore en mosaïque. Les chapiteaux et les bases peuvent être également en bronze doré.

Cotte fut le premier qui introduisit l'usage de placer une glace de grande dimension sur la cheminée; depuis cette époque, cet ornement est devenu d'un usage universel. L'industrie parisienne produit une foule d'ornemens aussi élégans que précieux, dans lesquels on a combiné, avec un goût exquis, le bronze avec les cristaux, les fleurs artificielles avec l'albâtre et avec les porcelaines. Ces beaux ornemens, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autrefois étaient réservés pour les palais des grands, sont devenus maintenant d'un usage général.

Des tuyaux et des fosses d'aisance.

Il importe essentiellement que ces objets d'une nécessité indispensable soient établis de manière qu'ils ne puissent permettre les filtrations, aussi nuisibles aux murs que dégoûtantes, et surtout de manière à éviter la mauvaise odeur et à faciliter les vidanges.

On appelle *chausse d'aisance* le tuyau qui part du siége percé et aboutit à la fosse. Le siége devrait être couvert en marbre ou bien revêtu de faïence; la chausse est formée ordinairement en tuyaux de terre qui s'emboîtent les uns dans les autres, et qui ont environ 8 pouces de diamètre.

Pour rendre les latrines inodores, il faut qu'un tuyau, nommé *ventouse*, parte de la fosse et s'élève au-dessus du toit à l'instar des cheminées ordinaires. Pour produire le courant d'air, il faut que l'air puisse s'introduire librement dans chaque cabinet par un *vasistas* ou bien par une ouverture faite au bas de la porte; cet air descend par le tuyau, entraîne avec lui les émanations méphitiques, et il s'échappera, chargé de ces vapeurs nuisibles, par la ventouse, pourvu qu'une chaleur suffisante favorise son ascension dans cette ventouse. A cet effet, M. Darcet propose ou de faire aboutir dans son intérieur des tuyaux de poêles, ou bien de l'adosser immédiatement au tuyau d'une cheminée dans laquelle le feu soit constamment allumé.

Pour faciliter la vidange et pour éviter les accidens funestes que cette opération, aussi dangereuse que dégoûtante, produit souvent, on a imaginé divers moyens. M. Donat établit dans les fosses de grands tonneaux qui se communiquent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les uns avec les autres, et qui reçoivent directement les matières que la chausse y dépose; lorsque l'on reconnaît que ces tonneaux sont pleins, il ne s'agit plus que de les transporter à l'endroit où on doit les vider. Cette méthode a donné naissance à un procédé chimique qui tend à convertir les matières liquides en un engrais que l'on a nommé *urate*.

M. Nantes a mis en usage une pompe très utile, dont le but est de vider les fosses d'aisance sans répandre d'odeur. Cette pompe foulante et aspirante a deux tuyaux, dont un part du corps de pompe et aboutit à la fosse; le second, qui part également du corps de pompe, conduit les matières que le premier a soulevées, dans un grand tonneau monté sur une charrette. Un autre tuyau vertical s'élève du tonneau et se prolonge jusqu'à la hauteur du toit de la maison, pour laisser échapper l'air méphitique qui se dégage du tonneau au fur et à mesure que la matière y entre.

L'appareil étant ainsi disposé, deux hommes, placés à chaque bras de levier de la pompe, font agir les pistons, et, par le vide qu'elle opère, la matière liquide monte en passant dans un réservoir où elle est comprimée, pour s'élever ensuite dans une grande tonne, contenant environ 80 pieds cubes, qu'une demi-heure suffit pour remplir. Un indicateur est placé sur cette tonne pour qu'on puisse connaître quand elle est pleine.

Les commodités dites à l'anglaise sont munies de deux robinets dont l'un introduit abondamment de l'eau dans l'embouchure de la chausse, qui est faite en forme d'entonnoir, pour entraîner les matières et laver cet entonnoir, dont le trou est fermé par un tampon en plomb que l'on élève et que l'on abaisse à l'aide d'une tige de fer qui lui est adaptée. Le second robinet fournit de l'eau pour se laver. Le cabinet dans lequel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est placé le siége ainsi disposé, peut être décoré avec plus ou moins d'élégance, et il offre l'avantage de pouvoir être placé à côté des chambres à coucher, sans que l'on ait à craindre la mauvaise odeur.

Des escaliers.

Les escaliers sont ou internes ou externes; ceux-ci se désignent plus particulièrement par le nom de *perrons*. Parmi les escaliers internes on en distingue de deux sortes, les principaux et ceux de dégagement.

La hauteur des gradins ne doit point être plus forte que 6 pouces, ni moindre que 4; dans le premier cas, la largeur sera de 12 pouces; dans le second, de 16. Un escalier doit avoir des *paliers*, qui sont des plates-formes qui servent de repos de distance à autre. Les paliers ne doivent pas être trop éloignés; en général leur distance ne doit point excéder 15 ou 20 gradins. La longueur des gradins doit être proportionnée à la grandeur et à la magnificence de l'édifice; ainsi elle peut varier depuis 4 jusqu'à 15 pieds.

Les gradins doivent être formés, autant que possible, en pierre dure ou en marbre, et d'un seul morceau; si l'on fait usage de marbre, il faut se garder de le polir, pour éviter les chutes dangereuses qui en résulteraient.

Les formes et les dispositions des escaliers peuvent varier de différentes manières. Les principales espèces sont représentées pl. XV. Les fig. 1, 2 indiquent un escalier à une seule rampe, ayant un palier au milieu de la montée. L'escalier fig. 3, 4 est à deux rampes qui se replient en sens contraire. Celui indiqué fig. 5, 6 a quatre rampes, et n'est autre chose qu'un escalier double, de l'espèce précédente. L'escalier fig. 7, 8 est également double, mais les rampes sont tournées en sens inverse. L'escalier fig. 9 est à trois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rampes ; les deux latérales ont les gradins au même niveau et aboutissent au même palier, d'où part la rampe du milieu, qui doit être plus large. Les fig. 10, 11 représentent un escalier double à cinq rampes. L'escalier fig. 15, 16 est contenu dans une cage carrée, et il a trois branches. On voit fig. 19, 20 un escalier double à cinq branches. L'escalier fig. 17, 18 est formé, alternativement, par une rampe qui se replie des deux côtés, et par un long palier; la plupart des escaliers en bois des maisons de Paris sont ainsi disposés.

Les cages des escaliers que nous venons d'examiner sont rectangulaires; il n'en est pas de même des escaliers fig. 12, 13, 14, 21 et 22, dont la cage est courbe. Celle de la fig. 12 est demi-circulaire; elle s'adapte convenablement dans les angles qui se trouvent entre un carré et un cercle qui lui est inscrit : les escaliers qui servent à monter dans les loges de la plupart des théâtres, sont ainsi disposés. La cage de l'escalier fig. 13 est ovale, et celle de la fig. 14, circulaire ; cette dernière espèce d'escalier, qui n'exige qu'un petit espace et que l'on place aisément dans tous les recoins, est très commode pour les communications secrètes et pour les dégagemens. Quelquefois les gradins sont droits et suivent la direction des rayons, d'autres fois ils sont courbes, ainsi que la fig. 14 l'indique.

On construit à Paris des escaliers en l'air et à jour, disposés comme les fig. 21 et 22 l'indiquent. Ces escaliers, qui ont beaucoup de légèreté et qui ne manquent pas d'une sorte d'élégance, ne déparent point des cafés et des boutiques ornées, dans lesquels ils sont placés. Leur projection verticale est circulaire ; ils n'ont d'autre appui que le sol et l'ouverture circulaire du plancher qu'ils traversent. Les gradins sont en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois, et réunis par des goujons en fer qui les traversent, ainsi que les fig. 24 et 25 l'indiquent.

La décoration des escaliers doit être en rapport avec la qualité de l'édifice ; mais, dans tous les cas, il faut qu'ils soient bien éclairés. Souvent, au défaut de fenêtres, l'on est obligé de tirer la lumière du haut, en pratiquant dans le comble une ouverture, que l'on couvre d'un fort vitrage.

Des allégemens qui résultent de la distribution des édifices.

Une des principales utilités des pilastres et des colonnes est, comme nous l'avons déjà dit, de fournir les moyens de diminuer singulièrement la masse de la maçonnerie des murs principaux sans que la solidité en souffre.

Supposons qu'on ait à construire une grande salle rectangulaire couverte par une voûte à berceau (pl. XVI, fig. 1, 2), les murs, dont l'épaisseur sera au moins un sixième de la largeur de la salle, occuperont à leur base une superficie égale au quart de l'édifice, et leur volume sera au moins un cinquième de l'espace qu'ils renferment; car ils ne pourront guère avoir d'autres évidemens que des niches et des portes.

Si nous plaçons en dehors des colonnes isolées (fig. 3, 4), ces colonnes, ajoutant beaucoup à l'empatement du mur, permettront de le diminuer de plus de moitié. On voit donc que les péristyles, qui ornent d'une manière aussi élégante que magnifique l'édifice auquel ils sont adaptés, servent aussi à alléger la masse des supports en même temps qu'ils en augmentent la stabilité par le grand empatement qu'elles leur donnent. Presque tous les temples grecs et romains avaient des péristyles ainsi disposés, et on en voit à Paris des exemples à la nouvelle Bourse et à l'église de la Madeleine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les péristyles étant très dispendieux, on obtiendra le même effet, mais avec moins de magnificence, si l'on entoure l'édifice de portiques à arcades cintrées (fig. 5, 6).

Au lieu de placer les colonnes ou les portiques à l'extérieur, on pourra les placer intérieurement, ainsi qu'on l'a fait dans les basiliques antiques et dans les églises catholiques construites sur le même modèle.

Pour obtenir le plus grand allégement possible par l'emploi des colonnes et des pilastres, il faut se servir des voûtes à arêtes, parce que, premièrement, elles épargnent le nombre des colonnes; secondement, elles concentrent la poussée des voûtes sur ces piliers ou ces colonnes; et comme les poussées égales et opposées s'entre-détruisent, on peut ne donner à ces supports qu'un volume médiocre et se contenter de renforcer extérieurement les piliers extérieurs, qui sont les seuls qui ressentent l'effet de la poussée. On reconnaît cet artifice, aussi simple qu'utile, en examinant (pl. X) le plan de la cathédrale de Milan (fig. 1) et celui de Notre-Dame (fig. 2). Le plan du temple de la Paix (fig. 3) présente encore de plus grands évidemens; car la nef du milieu est contrebuttée de chaque côté par trois grandes arcades en berceau, dont les voûtes sont perpendiculaires à celle du milieu, qui est à arêtes. Ainsi le nombre des piliers intermédiaires se trouve réduit à quatre, et celui des colonnes qui soutiennent les retombées des arêtes, à huit. Il résulte en outre que les portions *aaaa* des murs n'éprouvant aucune poussée ne forment plus qu'un simple remplissage, qu'on aurait pu supprimer sans nuire à la solidité. Il était assurément difficile d'obtenir de plus grands allégemens et de les combiner avec des divisions plus simples et moins nombreuses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On pourra, par l'examen comparatif des figures 7, 8, 9, 10 et 11, pl. XVI, s'assurer combien on économise les colonnes en adoptant une voûte d'arête au lieu d'une voûte en berceau, ou d'une à arc de cloître. Dans le premier cas (fig. 7 et 8), quatre colonnes suffisent; dans le second, il en faut huit, et douze dans le troisième.

Il faut remarquer que, quand on fait supporter une voûte à berceau ou bien une voûte à arc de cloître par des colonnades à plates-bandes, il faut former des lunettes évidées au-dessus de chaque entre-colonnement, pour décharger ces plates-bandes du poids qui semblerait les opprimer s'il ne les opprime en réalité.

On voit fig. 12 un édifice voûté qui est fortifié et allégé en même temps par de simples contre-forts. Tel est le mode de construction qui est approprié aux magasins et aux greniers d'abondance des grandes villes.

Rondelet ayant comparé un grand nombre d'édifices antiques et modernes pour reconnaître les rapports entre la superficie totale du plan et la superficie couverte par les murs et les supports, il a retrouvé les rapports suivans:

Le temple antique circulaire, nommé *San-Steffano rotondo*, donne . . . . . $\frac{1}{18}$
La basilique de Saint-Paul, hors des murs de Rome. $\frac{2}{15}$
Sainte-Sabine, à Rome . . . . . $\frac{1}{9}$
Saint-Pierre-aux-liens, à Rome. . . . . $\frac{2}{11}$
Saint-Philippe de Neri, à Naples . . . . . $\frac{3}{19}$
Cathédrale de Milan. . . . . $\frac{1}{6}$
Notre-Dame de Paris. . . . . $\frac{1}{7}$
Panthéon de Rome . . . . . $\frac{1}{6}$
Temple de Junon Lucine, à Agrigente . . . . . $\frac{1}{8}$
Temple de la Concorde, dans la même ville. . . . $\frac{1}{4}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Temples égyptiens . . . . . $\frac{1}{9}$
Édifices qui composaient la ville Adrienne . . $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{3}$
Saint-Vital de Ravenne . . . . . $\frac{3}{19}$
Sainte-Sophie de Constantinople . . . . . $\frac{3}{14}$
Saint-Pierre de Rome . . . . . $\frac{1}{3}$
Saint-Sulpice, à Paris . . . . . $\frac{1}{6}$
Sainte-Geneviève. . . . . $\frac{1}{9}$
Dôme des Invalides . . . . . $\frac{4}{15}$
Halle au blé, à Paris. . . . . $\frac{1}{8}$
Palais de Rome . . . . . $\frac{1}{4}$
Idem, en déduisant les ouvertures des portes et fenêtres . . . . . $\frac{1}{9}$
Bâtimens de Palladio. . . . . entre $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{4}$
Idem, en déduisant les ouvertures. . . . entre $\frac{1}{7}$ et $\frac{1}{8}$
Hôtels de Paris, du temps de Louis XIV et de Louis XV. . . . . $\frac{1}{4}$
Idem, en déduisant les ouvertures . . . . . $\frac{1}{6}$
Les édifices en Belgique, où l'on fait beaucoup d'usage de briques, donnent en terme moyen. . . . . $\frac{2}{13}$
Idem, en déduisant les ouvertures . . . . . $\frac{1}{21}$
Édifices de Paris construits après le règne de Louis XV. . . . . $\frac{1}{5}$
Idem, en déduisant les ouvertures. . . . . $\frac{2}{15}$
Palais de Paris et des environs, tels que le Louvre, les Tuileries, le Luxembourg, Versailles. . . . $\frac{1}{18}$
Idem, en déduisant les ouvertures . . . . . $\frac{5}{18}$

Rondelet croit que dans les édifices bien proportionnés on peut fixer le rapport entre la superficie totale du plan et celle occupée par les murs, colonnes et supports, à $\frac{3}{16}$, en supposant les murs pleins; et à $\frac{1}{8}$ en déduisant toutes les ouvertures, telles que portes, fenêtres et niches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRE TROISIÈME.

DE L'ERECTION DES ÉDIFICES.

Les deux livres précédens contiennent les principes qui doivent guider les architectes lorsqu'ils établissent et fixent le plan d'un édifice à construire; celui-ci est spécialement consacré à l'exécution des plans déterminés et adoptés. Il contient trois chapitres, dont le premier traite des opérations préliminaires, telles que l'approvisionnement et le transport des matériaux sur le chantier, les déblais et les remblais. Ce qui concerne les fondations dans les terrains divers, forme l'objet du second. Le troisième enfin renferme les détails des objets qui servent à la construction des murs et des voûtes, tels que les échafaudages, les cintres, les machines à l'aide desquelles on effectue le montage et la mise en œuvre des matériaux.

CHAPITRE PREMIER.

Opérations préliminaires.

L'architecte ne doit livrer ses projets à l'exécution qu'après qu'il aura mis en usage tous les moyens que l'art suggère, soit pour s'assurer de leur bonté intrinsèque, soit pour disposer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et faciliter cette même exécution, de manière qu'elle puisse être, autant que possible, exacte et soignée.

Il formera d'abord trois sortes de dessins, savoir : 1° des *plans ;* on appelle ainsi les coupes ou les projections horizontales à des hauteurs déterminées ; 2° des *élévations*, qu'on désigne aussi par le mot *orthographies*, qui représentent la projection verticale et géométrique des façades ; 3° des *coupes verticales* ou *sciographies*, qui démontrent la disposition de l'intérieur ; on fait passer les plans verticaux qui forment les coupures par des lignes déterminées, qu'on a soin de marquer sur les plans. Ce n'est qu'en comparant ces trois sortes de dessins qu'on peut se faire une idée exacte de la forme, de la disposition, des proportions et des dimensions des diverses parties qui constituent l'édifice.

Des échelles uniformes doivent servir pour tous ces dessins, et il faut qu'elles aient une grandeur suffisante pour que les détails soient indiqués avec assez de développement et de clarté. Souvent il se trouve des détails petits et compliqués qu'on ne peut représenter dans les dessins principaux avec assez de netteté pour être parfaitement conçus ; alors il faut faire des dessins particuliers sur une plus grande échelle, lesquels exprimeront distinctement tous ces détails ; dans quelques cas, on pourra même employer à cet effet la perspective ou *scénographie ;* mais, en général, l'architecte doit rarement se permettre l'emploi de ce mode de représentation, qui ne rend jamais ni les formes, ni les rapports des proportions, avec autant de pureté et d'exactitude que le concours des trois dessins nommés, plan, élévation et coupe.

Quand il s'agira d'un édifice très important ou très coûteux, l'architecte devra faire construire un modèle, en plâtre ou en bois, de l'édifice entier, d'après lequel on pourra mieux juger

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit de l'effet général, soit de la correspondance et de l'harmonie des détails.

Avant de commencer les travaux, il sera toujours utile de tracer, sur un mur, des fragmens, de grandeur naturelle, des façades et des principales parties intérieures, qu'on pourra même faire exécuter en relief avec du plâtre. Ces fragmens feront sentir, mieux encore que les dessins ou le modèle, les défauts ou les beautés des configurations adoptées; ils serviront, en outre, avec utilité pour tracer les *panneaux d'épure*. On nomme ainsi des panneaux en planches, découpés sur l'épure ou dessin, de grandeur naturelle, d'une partie déterminée. On doit faire des panneaux d'épure pour les chapiteaux, les corniches de toute espèce, les voussoirs des arcades, et enfin pour toutes les parties qui exigent de la précision.

D'après les dessins et le modèle, l'architecte rédigera le *devis* avec ordre, clarté et précision. Ce devis doit contenir la description détaillée de l'édifice dans son ensemble et dans ses parties. On aura soin d'indiquer exactement les proportions et les dimensions principales, la nature et la préparation des matériaux, les modes de construction dont l'on veut se servir: on y ajoutera le détail exact des dépenses. Les appréciations ne devront pas être faites d'après des données vagues et empiriques, mais d'après l'analyse bien circonstanciée de tous les élémens qui entrent dans un objet déterminé et qui en constituent la valeur réelle.

L'ouvrage utile de M. Morisot, intitulé *Tableaux détaillés des prix de tous les ouvrages de bâtiment*, est rédigé d'après ce principe.

Voici un exemple d'évaluation, extrait de cet ouvrage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Valeur d'une toise cube de maçonnerie en pierre fine de liais.

	fr. c.
Pierre en œuvre, 216 pieds cubes, à 3 fr. 12 cent. le pied	673 92
Déchet causé par la taille, des lits, des joints et des paremens, estimé à 31 centièmes de la pierre en œuvre.	208 90
Plâtre ou mortier, pour couler ou ficher, et sceller les assises sur leurs lits et leurs joints, 15 pieds cubes, à 60 cent. le pied cube.	9 00
Bardage, à 50 toises de distance réduite, 12 journées de bardeurs et de pinceurs, ou 120 heures de travail à 21 cent. l'heure.	25 20
Montage à 5 toises de hauteur réduite, 117 heures 30 minutes de garçons, occupés tant à la chèvre ou grue, qu'à brayer la pierre et la guider dans son ascension, à 19 cent. l'heure	22 32
Bardage sur l'échafaud, pose, fichage de 216 pieds cubes, 25 heures de poseur à 0,375 l'heure .	9 38
50 heures de contre-poseur et de limousin, à 0,275 l'heure.	13 75
50 heures de garçons, pour barder, aider le poseur et ficher ou couler la pierre, à 19 cent. l'heure	9 50
Temps à faire l'échafaud et le démonter, 7 heures 20 minutes de maçon et garçon par toise cube, à 0,515 l'heure pour les deux.	3 71
Faux frais pour les équipages, etc., un 15e de la main-d'œuvre, montant à 83 fr. 86 cent	5 59
Déboursé. .	981 27

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	fr. c.
Ci-contre.	981 27
Bénéfice, un 6e de la dépense. .	163 54
Valeur d'une toise cube ou 216 pieds en œuvre, non compris la taille des lits, des joints et des paremens	1144 81
Taille des lits, calculée à 9 fr. 69 cent. la toise superficielle.	139 61
Taille de 4 toises superficielles de joints, à 16 fr. 23 cent. la toise.	64 92
TOTAL. . . .	1349 34

On voit par cet exemple que les élémens d'où résultent les estimations, sont de diverse nature; les uns, dont la valeur varie suivant les pays et les circonstances, ne peuvent être déterminés que d'après la connaissance locale du prix courant; les valeurs des matériaux bruts et des journées d'ouvriers entrent dans cette catégorie. Les élémens qui se rapportent à la durée moyenne du temps, que les diverses sortes de main-d'œuvre consomment, ne sont point variables. Ces élémens se déterminent par de nombreuses observations, faites avec exactitude et intelligence. Sur cet objet, l'architecte doit comparer ses propres observations à celles que les auteurs les plus accrédités rapportent.

Les valeurs absorbées par les déchets, par les échafaudages, par les machines et autres faux frais, sont à peu près les mêmes pour une méthode déterminée; mais ils peuvent éprouver des augmentations ou des diminutions notables quand on se sert d'autres méthodes plus ou moins parfaites. L'observation, jointe à un examen éclairé de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

méthode en usage, servira de guide à l'architecte pour déterminer les élémens de cette espèce.

Outre les valeurs des matériaux bruts, de la main-d'œuvre, des déchets et des faux frais, on doit ajouter au total une valeur proportionnée pour le bénéfice que doit faire l'entrepreneur.

L'estimation d'un édifice à construire suppose la détermination préalable de la quantité de matériaux de diverses espèces qui doivent entrer dans sa formation. Cette détermination servira pour régler les approvisionnemens, lesquels devraient toujours se faire long-temps avant de commencer les travaux, ainsi que le pratiquaient les anciens, d'après le témoignage de Vitruve et de Pline. En effet, s'agit-il de bois, il est évident que toutes les fois qu'ils sont mis en œuvre trop tôt et avant que la dessiccation ait eu le temps de se faire avec la lenteur nécessaire, ils se fendent, se tourmentent et éprouvent des contractions qui déforment les ouvrages dans lesquels ils sont employés dans cet état.

Les pierres (surtout quand elles sont tendres) n'ont pas le temps de rejeter l'eau de carrière, qui leur est singulièrement nuisible quand elles sont taillées ou mises en œuvre avant son entière évaporation; ces mêmes pierres ayant la propriété d'acquérir à l'air, au bout de quelque temps, une consistance et une dureté qu'elles n'avaient point quand elles furent extraites des carrières, on leur fait perdre ces avantages par leur emploi prématuré.

L'exposition des pierres à découvert sur le chantier, 1 ou 2 ans avant de les tailler, produit le grand avantage de faire connaître celles qui, n'ayant pas été altérées par l'humidité et par la gelée, peuvent être employées avec assurance dans les endroits apparens et exposés aux intempéries des saisons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La chaux coulée acquiert, par un long séjour dans la fosse (étant bien couverte de sable), ce degré parfait de macération qui dissout toutes les parties conglomérées qui s'opposent à l'intime union de la chaux et du sable, et qui surtout déforment les enduits.

Il ne suffit point, pour assurer la bonne et exacte exécution d'un édifice, que l'architecte ait préparé des dessins bien faits et en nombre suffisant, que ces dessins soient accompagnés d'un devis convenablement circonstancié, que les épures nécessaires soient fournies aux ouvriers; une vigilance sévère et assidue est, en outre, indispensable pour empêcher les malversations, soit de l'entrepreneur et de ses employés, soit des ouvriers; pour éviter non-seulement les inexactitudes, mais encore les supercheries, les malfaçons nombreuses que la mauvaise foi et l'avarice savent produire avec une fécondité déplorable.

Trop souvent les architectes, lorsqu'ils ont acquis de la fortune et de la réputation, négligent la surveillance des travaux dont ils sont chargés, qu'ils abandonnent ou à des subalternes mercenaires et corruptibles, ou à des élèves sans expérience. Il résulte de cette insouciance condamnable que les formes perdent leur pureté, les proportions leur exactitude; la solidité disparaît, et souvent l'édifice donne des signes de caducité avant d'être achevé. Il est arrivé que des voûtes ou des murs mal construits ont, en s'écroulant, occasionné de funestes accidens. Nous nous abstiendrons de citer des exemples récens, qui viennent à l'appui de notre assertion.

Les architectes doivent se persuader que la mauvaise exécution peut, en grande partie, détruire la beauté de l'édifice le mieux conçu; ainsi leur devoir et leur réputation exigent impérieusement qu'ils apportent une vigilance aussi éclairée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et assidue dans l'exécution, qu'ils auront employé de méditation et de soin dans la formation des plans.

Les monumens antiques, les fabriques admirables du Palladio et de plusieurs grands maîtres italiens, charment et surprennent agréablement les connaisseurs, non-seulement par l'élégance, la majesté, la pureté des formes, par la convenance de la distribution, mais aussi par l'exécution la plus soignée, la plus exacte, et qui satisfait complètement à tout ce qu'exige la solidité, soit réelle, soit apparente.

Transport des matériaux.

On distingue deux sortes de transports : 1° celui du lieu d'où les matériaux ont été extraits, au chantier; 2° celui du chantier à l'endroit de l'édifice où ils doivent être mis en œuvre. On distingue ce dernier plus particulièrement par le nom de *bardage*, qui dérive de *bard* ou *civière*, qui est un instrument dont les manœuvres se servent souvent pour transporter des moellons à de petites distances. Nous ne nous occuperons ici que du transport proprement dit.

Plusieurs circonstances tendent à faire varier les prix des transports. M. Morisot fait précéder des réflexions suivantes la table ci-jointe du prix des transports. « Je ne dissimulerai pas que les renseignemens que j'ai recueillis, tout exacts qu'ils sont pour un lieu, ne le sont pas pour un autre, parce que plusieurs causes peuvent les faire varier; telle est celle de la rareté des chevaux, ou la difficulté de se procurer des harnais convenables; soit par le plus ou le moins d'éloignement de l'endroit où sont les équipages, de celui où il faut faire le chargement; soit encore par rapport aux distances qu'il faut parcourir, qui permettent ou non de faire chaque jour des voyages complets, c'est-à-dire de pouvoir aller et revenir une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou plusieurs fois, ou bien de ne pouvoir qu'aller dans la journée et revenir l'autre. Ainsi, l'évaluation des transports peut éprouver des modifications, même dans la province, pour laquelle ces transports sont établis; mais si, de plus, on veut en faire l'application pour Paris et sa banlieue, il faudra, quant à ceux par terre, les augmenter d'un tiers à moitié; à l'égard de ceux par eau, ils sont, dans tous les cas, beaucoup moins variables, et ceux que je présente peuvent servir pour tous les lieux comme pour la navigation de tous les fleuves. »

TABLE

Du transport des pierres, moellons, meulières, etc.

			Pour la première lieue de 2000 toises, compris le chargement et le déchargement.		Pour toutes les autres distances d'une lieue.	
			La toise cube.	Le mètre cube.	La toise cube.	Le mètre cube.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Pierres dures	par eau	en descendant.....	7 56	1 2	3 25	» 44
		en montant.....	13 60	1 84	5 85	» 79
	par terre	sur bonne route.....	43 20	5 84	21 60	2 92
		sur mauvaise route..	45 »	6 8	23 50	3 18
		sur chemins vicinaux.	50 »	6 76	28 50	3 85
Pierres tendres	par eau	en descendant.....	6 30	» 85	2 70	» 36
		en montant.....	11 35	1 53	4 90	» 66
	par terre	sur bonne route.....	36 »	4 86	18 »	2 43
		sur mauvaise route..	37 50	5 7	19 60	2 65
		sur chemins vicinaux.	41 50	5 61	24 »	3 24
Moellons ou meulières	par eau	en descendant.....	5 50	» 74	1 80	» 24
		en montant.....	6 95	» 94	3 25	» 44
	par terre	sur bonne route.....	16 »	2 16	10 »	1 35
		sur mauvaise route...	17 »	2 30	11 »	1 48
		sur chemins vicinaux.	18 »	2 43	12 »	1 62

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un cheval de moyenne force peut traîner 0,38 de mètre cube de moellons. Un manœuvre emploie 0,85 parties d'une heure pour le chargement d'un mètre cube de moellons dans un tombereau.

On nomme *haquets* les voitures dont on se sert communément pour transporter les blocs de pierres de taille. Les *haquets* diffèrent des charrettes en ce qu'ils n'ont pas de *ridelles*, qu'ils ont un moulinet sur le devant et une bascule comme les tombereaux. Lorsqu'on charge une de ces voitures, elle forme une espèce de plan incliné, que l'on prolonge encore à volonté avec des pièces de bois qu'on appuie sur l'extrémité du châssis de la voiture : au sommet de ce plan incliné se trouve le moulinet, auquel on attache un câble, qui sert pour tirer et faire monter les blocs que l'on charge. Quand un bloc est déjà placé sur la voiture et qu'on en veut placer quelques autres sur la même, on dispose sur ce premier bloc un petit châssis dans lequel sont enchâssés des rouleaux, et qui sert pour soutenir la corde et l'empêcher de frotter sur la pierre.

Lorsque la forme des pierres ne permet pas de les charger sur de semblables voitures, alors il faut se servir de voitures dont les dimensions se combinent avec celles des blocs, ou bien de traîneaux.

Les traîneaux deviennent nécessaires pour le transport des blocs très volumineux et très pesans, comme le sont les colonnes et les architraves monolithes des péristyles. Ces traîneaux, placés sur des rouleaux, sont mis en mouvement par des cabestans.

Le transport des bois de petit échantillon, tels que les solives et les chevrons, se fait sur des charrettes ou sur des chariots. On pose par le travers de la voiture et sur le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devant, un morceau qui élève les pièces et les empêche de toucher le cheval, ou bien on place les pièces obliquement. Cette seconde méthode devient quelquefois embarrassante sur des chemins étroits.

Les grosses pièces que l'on meut difficilement et qu'on ne peut placer sur des voitures sans employer des machines ou un trop grand nombre d'hommes, se chargent dessous un chariot à deux roues très élevées, qu'on nomme fardier. Une chaîne entoure les pièces de bois qu'on doit transporter, vers leur centre de gravité, et passe sur un rouleau ou moulinet posé sur la voiture et près de l'essieu ; un long bras de levier passe dans ce moulinet ; à l'extrémité de ce levier est attachée une corde qui descend, passe sous les *poulins*, remonte sur le levier et redescend plusieurs fois, de sorte que cette corde fait l'office d'un *palan* (système de poulies) et sert à soulever avec beaucoup de facilité les pièces de bois, quoique très lourdes, et à les retenir à la hauteur où on les a soulevées. Par ce procédé, un conducteur intelligent charge souvent à lui seul des fardeaux considérables.

Si la pièce à transporter est beaucoup plus longue que le fardier, il est difficile de la mettre en équilibre en plaçant le rouleau ou moulinet qui tient suspendu le fardeau, sur le milieu du fardier ; il faudrait le reculer jusqu'à ce qu'il fût dans la position propre à équilibrer la charge. Mais comme le rouleau doit poser près de l'essieu, afin que le cheval de limon ne soit ni trop chargé ni soulevé, il est nécessaire que cet essieu puisse changer lui-même de position ; en conséquence, au lieu d'être placé à demeure sous les deux limons, on le fixe dans deux échatignoles mobiles, qui portent une rainure qui entre dans la languette des limons ; elles peuvent ainsi couler et changer de place. On arrête,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par le moyen de deux boulons, l'essieu et les roues dans la position qu'ils doivent avoir.

Lorsque les pièces sont très longues, au lieu d'un fardier on se sert souvent de deux *triqueballes*. On appelle *triqueballe* un essieu avec deux roues, sur lequel est emmanché un timon. Les deux triqueballes sont écartés de manière qu'ils se partagent également le fardeau. Pour charger les pièces de bois, on les entoure avec une chaîne qu'on attache à l'essieu, après avoir disposé le triqueballe de manière que le timon se trouve élevé dans une position verticale. On incline ensuite le timon et on lui fait reprendre sa position horizontale; en abaissant ainsi son extrémité, on soulève la pièce, on l'attache avec de fortes cordes au timon pour la tenir suspendue; on en fait autant avec le second triqueballe, et la pièce se trouve entièrement soulevée. Un seul triqueballe sert pour transporter les pièces qui ont beaucoup de grosseur et une longueur médiocre.

Des déblais.

Les déblais des terres exigent trois opérations, 1° l'ameublissement, 2° le chargement, 3° le transport.

Ameublissement.

Nous nommons ainsi l'action d'*ameublir* les terres, c'est-à-dire de diminuer leur compacité, leur cohésion, et de les rendre plus légères et mouvantes. Communément cette opération s'effectue par des ouvriers munis de pioches. Le travail qu'un piocheur peut faire dans sa journée varie suivant le degré de compacité du terrain. La quantité moyenne peut s'évaluer à 2 toises cubes, conformément aux observations faites par Bélidor.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand le local où le déblai doit s'effectuer est resserré, encombré, montueux et inégal, le travail des piocheurs ne saurait être convenablement remplacé par des moyens mécaniques. Mais nous croyons qu'il n'en est pas de même lorsque le local est fort étendu et qu'il présente des surfaces planes et libres; dans ce cas on pourrait peut-être se prévaloir avec utilité et économie du travail de la charrue à défricher. Il se pourrait que cette méthode ait été usitée par les anciens, car la coutume de se servir de la charrue pour tracer le plan des villes nouvelles semblerait l'indiquer.

Chargement.

Les terres qui proviennent des déblais peuvent se charger ou dans des *brouettes* ou dans des *camions*, ou enfin dans des tombereaux. La *brouette* est une petite caisse soutenue par une seule roue et qui est poussée ou tirée par un homme. Un *camion* est une caisse qui souvent a la forme d'un prisme triangulaire soutenu par deux roues; la caisse doit être disposée de manière qu'on puisse aisément lui faire faire la culbute lorsqu'on voudra la décharger. Le camion est tiré par des hommes ou par un cheval. Le tombereau est une caisse plus grande que le camion; elle est soutenue par de fortes roues à larges jantes, et on y attelle plusieurs chevaux.

Un chargement d'un mètre cube de terre, c'est-à-dire d'à peu près 27 pieds cubes, exige, suivant Gauthey, le travail suivant quand on fait usage de brouettes.

Terre végétale, terre franche, sable..	0,60	Partie d'une heure de travail.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,70	
Vase.	0,75	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un ouvrier emploie le temps ci-après indiqué pour charger dans un camion un mètre cube.

Terre végétale, terre franche, sable..	0,63	Partie d'une heure de travail.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,73	
Vase.	0,78	

Quand on se sert de camions ou de tombereaux, il y a de l'avantage à employer le plus grand nombre de chargeurs qu'il est possible; mais il ne faut pas qu'ils se nuisent mutuellement. Le temps du chargement étant perdu pour la marche, cette perte est d'autant plus sensible que les tombereaux sont plus grands, et augmente au fur et à mesure que la distance diminue; on doit donc se servir de tombereaux d'autant moins forts que les distances sont moins considérables. « On a trouvé, dit Gauthey, qu'en admettant les prix payés actuellement à Paris, on devrait employer des tombereaux à un cheval, jusqu'à la distance de 313 mètres; à deux chevaux, jusqu'à une distance de 1104 mètres; à trois chevaux, jusqu'à 2111 mètres; à quatre chevaux, jusqu'à 3873 mètres. Cela posé, et supposant que chaque cheval peut traîner un demi-mètre cube de terre (environ 14 pieds cubes), on aura, pour l'estimation des frais de transport d'un mètre cube, les résultats suivans :

Temps du chargement lorsque le tombereau est attelé d'un cheval et contient 0,5 *mètres.*

Terre végétale, terre franche, sable..	0,108	Partie d'une heure de deux tombereaux jusqu'à environ 300 mètres de distance.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,123	
Vase.	0,133	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'il est attelé de deux chevaux et contient un mètre cube.

Terre végétale, terre franche, sable..	0,217	Partie d'heure d'un tombereau à deux chevaux, depuis 300 jusqu'à 1100 mètres de distance.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,230	
Vase.	0,296	

Lorsqu'il est attelé de deux chevaux et contient un mètre et demi cube.

Terre végétale, terre franche, sable..	0,325	Partie d'heure de deux tiers de tombereau à 3 chevaux, depuis 1100 jusqu'à 2000 mètres de distance.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,353	
Vase.	0,400	

Lorsque le tombereau est attelé de quatre chevaux et contient deux mètres cubes.

Terre végétale, terre franche, sable..	0,434	Partie d'une heure d'un demi-tombereau à 4 chevaux, depuis 2000 jusqu'à 4000 mètres de distance.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,460	
Vase.	0,534	

Transport.

Pour le transport, il n'est pas indifférent de se servir indistinctement de brouettes, de camions ou de tombereaux. Chacun de ces modes est avantageux dans certains cas, mais il cesse de l'être et devient même défavorable dans les autres. L'expérience seule peut donner des notions satisfaisantes; ce sont les résultats que l'on a obtenus d'elle que nous allons consulter.

Jusqu'à la distance de 50 ou 60 toises, le transport des terres qui se fait avec les brouettes, est ordinairement le plus avantageux; à une plus grande distance, ce sont les camions traînés par des hommes, ou les tombereaux conduits par des chevaux, qui deviennent plus avantageux. Sur les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rampes dont les pentes sont considérables, les transports par brouettes sont beaucoup plus faciles et moins pénibles.

Il y a deux espèces de brouettes : dans l'une, la caisse qui contient la charge est placée au-dessus des châssis; dans l'autre, elle est en partie au-dessous, et la roue est plus grande. La première, qui se décharge avec plus de facilité, est plus vacillante : la seconde, qui a plus de stabilité, fatigue moins l'ouvrier, parce que sa roue a un plus grand diamètre; mais elle se prête avec moins d'agilité et de vitesse au mouvement latéral du déchargement.

Lorsqu'une brouette est chargée, l'homme, en saisissant les bras de cette brouette, à 3 pieds à peu près de distance de l'essieu, soutient une partie de la charge et une partie du poids de la brouette; le reste du poids est porté par le point du terrain sur lequel pose la brouette.

Coulomb, ayant soutenu une brouette chargée au moyen d'un peson, au même point où l'homme tient les bras, a trouvé que la partie du poids soutenu par le peson correspondait à 36 ou 40 livres; et que, lorsque la brouette était vide, il ne portait que 12 ou 14 livres. Cette force est d'ailleurs modifiée, 1° par les petits ressauts que la brouette rencontre sur le terrain; 2° par le plus ou moins d'adresse de l'ouvrier, qui ne sait pas toujours se rendre maître du mouvement de sa brouette.

Coulomb, ayant ensuite comparé et calculé l'effet utile que produit un homme qui transporte des fardeaux à dos, avec celui que fournit un homme qui transporte les mêmes fardeaux sur une brouette, a trouvé qu'il est comme 100 à 148; en sorte que sur un terrain sec, uni et horizontal, 100 hommes, avec des brouettes, feront, à peu de chose près, la même quantité de travail que 150 hommes avec des hottes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une brouette contient à peu près un pied cube de terre. Suivant les expériences faites par Vauban, et plusieurs fois réitérées, une toise cube de terre peut être menée en 250 brouettées.

Voici la pesanteur spécifique d'un pied cube de terres de diverses qualités :

Terre végétale simple	76 liv.
Terre végétale mêlée de gros gravier.	106
Terre végétale mêlée de petit gravier.	100
Sable	92
Débris de roches, vieux matériaux de démolition, décombres	120

Une brouette, menée par un homme de moyenne force, peut parcourir, dans une journée, 15,000 toises de chemin en plaine, dont la moitié chargée, c'est-à-dire un développement de 6 lieues, de 2,500 toises chacune en plaine, et seulement les deux tiers en montant, c'est-à-dire 4 lieues, en fixant le temps du travail à 10 heures par jour, et celui du repos à 3 heures, qui font en tout 13 heures de sujétion pendant les mois de mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre; pour les 4 autres mois on peut réduire le temps du travail à 7 heures, pendant lesquelles les ouvriers ne font guère plus de demi-journée d'été, à cause du froid et du mauvais temps.

Bélidor dit que, dans une terre ordinaire où il faut un piocheur et deux qui brouettent, ils peuvent transporter 2 toises et un tiers cubes à 10 toises de distance dans une journée d'été, et un peu plus de la moitié en hiver. Ce résultat est moindre que celui de Vauban, qui assigne, pour la tâche moyenne d'un ouvrier ordinaire, le transport, dans une journée, de 2 toises cubes à 15 toises de distance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Gauthey a consigné, dans son *Traité de la construction des ponts*, des résultats très utiles d'observations faites par lui et par d'autres ingénieurs des Ponts et chaussées, sur la fouille et le transport des terres. Quand le transport des terres, dit Gauthey, se fait sur des brouettes, il s'exécute par relais, à 15 toises de distance, et à 10 quand la pente du chemin est de huit pour cent. Un ouvrier emploie, pour transporter dans des brouettes un mètre cube (c'est-à-dire à peu près 27 pieds cubes), des terres suivantes, à un relais :

Terre végétale, terre franche, sable. .	0,45	Partie d'une heure de travail.
Terre dure pierreuse, tuf, glaise, vase..	0,55	

On trouve ordinairement, ajoute cet ingénieur célèbre, de l'avantage à substituer les tombereaux aux brouettes quand la distance du transport passe 75 ou 100 toises; quand cette distance n'est pas très grande, on emploie quelquefois, préférablement aux tombereaux, des camions, traînés par des hommes.

Un camion emploie à parcourir 100 mètres (environ 50 toises), allant et venant sur un terrain horizontal, chargé des qualités de terres suivantes :

Terre végétale, terre franche.. . . .	0,060	Partie d'une heure de chaque camion traîné par trois hommes.
Glaise, tuf, pierraille, sable, vase. .	0,070	
On doit ajouter pour le temps du déchargement..	0,030	

Un tombereau, en allant et en venant, emploie le temps suivant pour parcourir une distance de 100 mètres, avec une charge de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Terre végétale, terre franche, sable..	0,060	Partie d'une heure d'un tombereau.
Glaise, terre dure pierreuse, tuf. . .	0,070	
On doit ajouter pour le temps du déchargement..	0,050	

Pour faciliter le déchargement, les grands tombereaux sont à bascule; à l'égard des petits, quand on veut les décharger, on ne fait autre chose, après avoir ôté la fermeture du cul du tombereau et avoir détaché les limons de la dossière du cheval, que d'élever les bouts des limons et incliner la caisse du tombereau, pour que les matières qui y sont contenues puissent glisser par elles-mêmes. Les limons des tombereaux à bascule ne sont pas formés d'une seule pièce avec les poulins, qui finissent à un pied environ du devant de la caisse; ils sont traversés par un fort boulon de fer qui traverse aussi les extrémités des limons. Ce boulon sert de point de rotation à la bascule, qui est retenue par une pièce de bois, laquelle, passant par deux étriers de fer posés solidement sur chaque limon, retient les bouts des poulins. Lorsqu'on veut faire jouer la bascule et décharger le tombereau, il suffit d'ôter cette traverse, au-dessous de laquelle les limons sont assemblés par un *épart* de fer, qui en empêche l'écartement.

On transporte quelquefois des terres par eau, sur des bateaux pontés qui en contiennent 40 ou 50 mètres cubes. On estimera facilement, à l'aide de ce qui précède, le chargement et le déchargement, qui se font avec des brouettes, ou en jetant les terres à la pelle. Quant au transport, il varie beaucoup suivant les circonstances, et on ne peut l'évaluer qu'en apprenant, dans chaque localité, la dépense que le bateau occasionnera chaque jour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le transport des terres se fait souvent en les conduisant d'un lieu bas à un lieu plus élevé; alors il faut pratiquer des rampes auxquelles on donne ordinairement huit pour cent de pente. Les transports par camions et par tombereaux deviennent également plus pénibles en montant qu'avec les brouettes, et on fait moins de chemin dans le même temps. Si le déblai devait descendre à une grande profondeur, le transport par brouettes exigerait des rampes d'un développement considérable, et dont la formation entraînerait des déblais inutiles. Il peut être plus avantageux alors de renoncer à ce genre de transport et d'élever les terres en les jetant à la pelle, à différentes reprises, sur des banquettes disposées par étages et qu'on place ordinairement à 6 pieds les unes des autres. Ce dernier mode d'exécution convient pour le cas d'une fondation étroite et profonde, où on serait gêné par le manque d'espace. Il y a d'autres cas où le déblai doit être fait sur une plus grande largeur, et où les terres doivent être élevées à une hauteur plus ou moins considérable sur le bord de la fouille : tel est celui d'un canal ou d'un bassin lorsque les terres fouillées dans son emplacement servent à former des levées à l'entour. L'usage alors est de faire suivre, aux brouettes, des rampes placées sur le talus des levées et qu'on fait disparaître quand l'ouvrage est terminé; mais quand la hauteur est considérable, le transport devient très cher à raison des grands développemens des rampes. On a employé, dans un cas pareil, aux ouvrages exécutés dans l'île des Chiens, près de Londres, un procédé qui consiste à établir, sur le talus, des levées de rampes formées par des madriers de sapin portés sur des chevalets, dirigées perpendiculairement à la base du talus et espacées à 9 ou 10 toises. Au sommet de chaque rampe étaient placées des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poulies de renvoi, sur lesquelles passait une corde, aux deux extrémités de laquelle étaient attachées des brouettes; et à un point intermédiaire était fixé le palonnier d'un cheval : ce cheval parcourant l'intervalle des deux rampes, une brouette chargée montait dirigée par son conducteur, et l'autre brouette vide descendait; celle-ci étant ensuite chargée, on faisait retourner le cheval, et ainsi de suite. Il est aisé de s'assurer que, quand la hauteur des remblais passe 3 à 4 toises, ce procédé doit moins coûter que celui qui est en usage.

On lit dans les *Annales des arts et manufactures*, tome 44, qu'un agriculteur, voulant former promptement une digue, imagina le moyen suivant, qui réunit à l'économie du temps celle des bras et de la dépense. Il éleva deux forts poteaux, en laissant entre eux un espace de 90 pieds, et il tendit fortement de l'un à l'autre de ces poteaux une corde inclinée, le long de laquelle devait descendre le seau rempli de terre; la hauteur de ce seau détermina l'inclinaison de la corde, dont l'une des extrémités fut attachée au premier poteau à 10 pieds de hauteur, et l'autre au second poteau, de manière que le seau ne pouvait toucher la terre ni être arrêté dans sa course. La corde inclinée portait un *moufle* garni d'un double crochet, auquel le seau était suspendu; la poulie, de petit diamètre, avait une gorge profonde, afin qu'elle pût se retourner sur la corde lorsque le seau était enlevé, et qu'elle fût constamment maintenue dans sa position verticale.

On aurait pu placer plusieurs poulies sur la corde inclinée, et suspendre tel nombre de seaux qu'on aurait voulu, en supposant toujours que sa force fût suffisante pour les soutenir. On décroche les seaux aussitôt qu'ils sont arrivés au bout de leur course, on les vide pour les ramener à l'endroit d'où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ils sont partis; une autre corde, inclinée en sens contraire, sert pour les ramener au point de départ.

Ce moyen peut être utile lorsqu'il s'agit de former des déblais dans des terrains mous et humides, où les roues des brouettes s'enfoncent et forment de profondes ornières.

Du remblai.

Le remblai est l'opération inverse du déblai; elle consiste à rapporter des terres ou des gravois pour élever un terrain ou combler un creux. Pour exécuter un remblai, on dépose la terre rapportée par couches de 6 pouces d'épaisseur; on doit *régaler* chaque couche, c'est-à-dire la mettre de niveau; et enfin on doit la *damer* avec soin, c'est-à-dire la battre avec des pilons pour l'affaisser et la comprimer.

On a observé qu'une terre ordinaire portée en remblai, *foisonne*, c'est-à-dire augmente de volume avant d'être pilonnée d'environ $\frac{1}{6}$.

Le régalage des terres et le pilonnage exigent, en terme moyen, 0,017 partie d'une journée d'ouvrier pour chaque mètre cube.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

Des fondations.

La solidité d'un édifice dépend en grande partie de la force et de l'inaltérabilité des fondations, qui lui servent de base et de support. Il est évident que si cette base fléchit en quelques points, il doit en résulter une altération dans la connexion et dans la verticalité des murs; il est donc essentiel que les fondations présentent dans toute leur étendue une résistance également forte; et si la nature du terrain ne satisfait point à cette condition indispensable, il faut que l'art y supplée.

Les premières couches que le sol présente, étant ordinairement composées ou de terre végétale ou de matières rapportées, ne peuvent avoir la consistance nécessaire; il faut donc déblayer et descendre assez bas pour rencontrer une couche de terrain qui présente une densité et une résistance suffisantes pour supporter l'édifice. Mais souvent il arrive que l'on serait obligé de descendre les fouilles à une profondeur telle que les difficultés qui en résulteraient ne permettraient point d'asseoir immédiatement les fondations sur ce terrain résistant; on a alors recours aux moyens auxiliaires capables de donner à la base des fondations la solidité requise. Ces moyens ne peuvent être déterminés que d'après la connaissance de la nature du terrain, connaissance que l'on peut acquérir ou en faisant creuser des puits, ou bien au moyen des sondes. Pour les effectuer, on emploie communément une tige de fer, portant sur sa longueur, et surtout vers la pointe, des entailles,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on garnit de suif. On fait pénétrer la sonde en la frappant à coups de masse ou même avec un mouton ; on la retire, en la faisant tourner, au moyen d'un levier qui passe dans son œil, percé au-dessous de la tête : elle rapporte des portions de terrain qui s'est logé dans les entailles à la place du suif.

Lorsque la longueur de la sonde est considérable, la manœuvre en est gênante ; on préfère alors une tarière dont la tige est composée de divers morceaux de quatre à six pieds de longueur, qui sont terminés d'un bout par un écrou, et de l'autre par une vis, qui sert à les rassembler.

Quoiqu'il existe un grand nombre de nuances dans les qualités des terrains, on peut cependant les réduire à trois espèces principales.

La première classe renferme les terrains les plus favorables pour y établir immédiatement les fondations ; tels sont les diverses espèces de rocs, le tuf, les terrains pierreux, qu'on ne peut attaquer qu'à la mine ou au pic.

La deuxième classe présente les terrains graveleux et sablonneux qui ont la propriété d'être incompressibles lorsqu'ils sont encaissés.

La troisième classe comprend les sols qui offrent les plus grandes difficultés pour les consolider et les rendre capables d'une résistance uniforme dans toute l'étendue des fondations.

Les sols terreux de toute espèce, les terrains tourbeux et tous ceux qui sont susceptibles d'affaissement et de compression, appartiennent à cette classe.

Les fondations dans les terrains de la première classe n'offrent ordinairement aucune difficulté ; il suffit de former des fossés et des tranchées d'une grandeur proportionnée à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la profondeur et aux autres dimensions que l'on veut donner aux fondations.

Il faut observer cependant que le roc est quelquefois trompeur ; et au lieu de présenter une masse compacte d'une solidité inébranlable, comme l'apparence semble l'indiquer, il ne forme qu'une espèce de voûte d'une épaisseur médiocre, sous laquelle se trouvent des cavités: il est évident que si cette voûte naturelle n'a pas une force suffisante pour supporter le poids de l'édifice, elle pourra en occasionner la ruine.

On ne doit point conséquemment négliger de s'assurer, à l'aide du *trépan*, si le rocher sur lequel on veut fonder une construction se trouve dans ce cas; et s'il s'y trouvait effectivement, on formera, au-dessous, des voûtes soutenues par de forts piliers.

Lorsque le rocher est en pente, il faut l'aplanir dans les endroits où les murs doivent être placés, et former des cavités partout où les extrémités des murs de retour vont s'appuyer, pour pouvoir les lier et les assujettir convenablement

Lorsqu'il se trouve des cavités dans les endroits où les murs doivent être assis, il suffira de les remplir avec du béton, que l'on arasera de niveau avec le reste.

Les terrains sablonneux sont de deux sortes; les uns, compactes, ont une solidité suffisante pour qu'on puisse y établir immédiatement les fondations. Les autres s'appellent *sables bouillonnans*, parce qu'on voit bouillonner, lorsqu'on les remue, une quantité de petites sources. Ces terrains peuvent très bien supporter la charge des édifices, mais leur fondation exige les précautions suivantes. On jalonne d'abord sur le terrain le plan de l'édifice ; on réunit auprès de l'emplacement tous les matériaux nécessaires; puis on creuse sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'alignement des murs une portion de terrain pour en recevoir la fondation, laquelle ne devra avoir que l'étendue que comporte le travail de maçonnerie qui peut s'effectuer dans une journée. On étend sur le fond du fossé, mis de niveau, deux ou trois assises de gros *libages*, convenablement liaisonnés, et dont les intervalles sont soigneusement remplis avec du bon mortier et des éclats de pierres; on continue ensuite la maçonnerie en faisant usage des matériaux convenables à la localité; mais on doit y mettre toute la diligence qui peut se concilier avec la bonne exécution, et cela pour éviter que les sources n'inondent l'ouvrage, comme il arrive souvent, et conséquemment pour épargner des épuisemens dispendieux. On continue de cette manière à fonder les murs sur toute l'étendue qu'ils doivent occuper.

Il est essentiel de ne faire que les déblais purement nécessaires; et l'on doit se servir de bonne chaux hydraulique naturelle ou factice.

Les fondations dans les terrains tourbeux et marécageux présentent des difficultés à cause de la grande quantité d'eau qui sort ordinairement de tous les côtés lorsque l'on creuse dans ces terrains. On a remarqué cependant qu'un terrain compressible peut, sans inconvénient, recevoir la fondation d'un édifice, pourvu qu'il le soit également; car ce n'est point la compressibilité des terrains en elle-même qui peut ruiner ou déformer un édifice, mais c'est l'inégale compressibilité, par l'effet de laquelle les murs se fendent, perdent leur aplomb et leur horizontalité. En général, les terrains dont nous parlons sont également compressibles; voilà pourquoi le moyen suivant est le meilleur qu'on ait trouvé pour y fonder.

Il faut creuser le moins possible, donner aux fondations beaucoup d'empatement, et les former avec du béton composé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de bonne chaux hydraulique. Lorsque les fondations sont faites, on les laisse reposer autant qu'il le faut pour que le béton prenne toute sa consistance et ne forme plus qu'une seule masse; puis on aura soin, en continuant la maçonnerie, de l'élever toujours régulièrement et de niveau sur toute l'étendue de l'édifice, pour que l'affaissement qui pourra avoir lieu, puisse s'opérer avec toute l'uniformité désirable.

Lorsque les sources sont tellement abondantes qu'on ne peut les épuiser, après avoir creusé les fossés à l'aide de la *drague* s'il le faut, et avoir régalé le fond de niveau, on forme un encaissement des deux côtés avec des madriers, derrière lesquels on forme un *corroi* de terre glaise. Cet encaissement sert à recevoir d'abord une couche épaisse de béton qui puisse suffoquer les sources dans l'intérieur de l'encaissement; on pourra ensuite continuer la maçonnerie avec l'espèce de matériaux que l'on jugera convenable.

Lorsque le terrain n'est pas également compressible sur toute l'étendue d'une fondation, c'est-à-dire lorsqu'il présente une résistance variable, on a souvent recours aux pilotis.

Des pilotis.

Il ne faut pas confondre les *pilots* ou *pilotis* avec les *pieux*. On appelle *pieux* de longues pièces de bois enfoncées verticalement dans le terrain, et destinées à porter un édifice construit au-dessus des hautes eaux d'une rivière, tels que les ponts de charpente et les moulins.

Les *pilots* ou *pilotis* sont des pieux moins longs, destinés à porter un ouvrage en maçonnerie. Le véritable but des pilotis n'est pas, comme on le pense communément, d'atteindre le bon terrain avec leurs pointes; car s'il pouvait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se trouver à une profondeur moindre que la longueur des pilotis, c'est-à-dire moindre de 6 à 15 pieds, on aurait grand tort de ne pas faire les déblais nécessaires pour asseoir immédiatement les fondations sur ce bon terrain; mais il est de fait que, dans la plupart des cas, il ne se trouve qu'à une profondeur bien plus considérable. Ainsi donc les pilots ne font, dans ce cas, autre chose que remplacer, en partie, les dernières couches d'un terrain peu consistant, et consolider le reste par une forte compression.

Les pilots ne sont pas le seul moyen de rendre solide le terrain par une forte compression; une percussion immédiate sur le terrain même peut produire cet effet d'une manière plus économique et peut-être plus efficace. Il n'est nullement difficile de rendre la compression aussi forte qu'on le désire par la masse du corps choquant, par la hauteur de sa chute et par le nombre de ses coups; et il paraît évident qu'on pourra toujours, par ce moyen, rendre un terrain capable de soutenir inaltérablement une charge donnée, pourvu qu'elle soit moindre que celle due à une percussion tellement combinée et prolongée, que les derniers coups ne produisent plus sur le terrain aucun affaissement sensible.

Rondelet rapporte qu'il a vu pratiquer avec succès, par un constructeur habile, le battage d'un terrain pour prévenir le tassement que la charge d'un édifice qui y fut construit devait produire. Il se servit à cet effet d'une pièce de bois ferrée par le bas, pesant environ 100 livres, soulevée par deux hommes.

On a remarqué à Venise, ville fondée, comme on le sait, au milieu des eaux, sur le fond marécageux d'une lagune, que plusieurs grands édifices, construits dans le 14^{e} siècle et antérieurement, n'ont pas leurs fondemens posés sur des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pilotis, comme ceux qui furent érigés après cette époque ; mais ils sont assis sur une large base en maçonnerie qui surpasse en étendue celle du plan de l'édifice superposé.

La maçonnerie est elle-même assise sur une couche de terre bien corroyée, qui porte les traces d'une forte compression artificielle. Ces édifices, parmi lesquels on distingue les *vieilles procuraties*, dont la construction est aussi soignée que l'architecture en est élégante, ne démontrent point d'altérations notables, tandis qu'un grand nombre d'autres monumens non moins considérables, mais établis sur des pilotis, témoignent, par de nombreuses lézardes, les tassemens irréguliers qu'ils ont éprouvés. On assure que le clocher de Saint-Marc, un des plus élevés d'Europe, n'est point soutenu par des pilotis.

Il paraît que les anciens n'ont employé que rarement la méthode des pilotis ; ils aimaient mieux établir un massif continu de maçonnerie en béton, qui s'étendait sur la surface entière que l'édifice devait occuper. Un tel massif, fait avec du bon ciment bien massivé, d'une épaisseur suffisante, devenait inaltérable, et était de nature à augmenter de force en vieillissant, comme l'expérience le démontre.

Une méthode analogue est encore en usage en divers lieux sur le bord de la Méditerranée. On fait d'abord un encaissement semblable à celui des *bâtardeaux* ordinaires ; cet encaissement, formé par des pieux et des planches, est d'une solidité proportionnée à la hauteur de l'eau, à la poussée de la maçonnerie et à la profondeur du draguage que l'on doit faire pour enlever la vase. Après que cette matière peu consistante a été enlevée, on jette alternativement dans l'encaissement une couche de béton et un lit de pierres arrangées le plus également possible, et battues avec des *demoi-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

selles à long manche; on continue ainsi jusqu'au-dessus du niveau de l'eau : alors on laisse reposer cette maçonnerie pendant quelques mois, puis on y pose une assise de libage, sur laquelle on établit les constructions en pierres de taille ou en briques qui doivent former la partie hors de l'eau. Bélidor nous apprend que c'est ainsi que fut construite une des jetées de la nouvelle darse de Toulon.

Dans les terrains marécageux, vaseux, tourbeux, dans ceux composés de sables mobiles et bouillonnans, plusieurs constructeurs établissent sur toute la superficie que doivent occuper les fondations, un fort châssis de charpente recouvert de madriers, lequel sert de base à la maçonnerie. Mais une couche épaisse de béton est préférable, parce que la charpente peut s'altérer avec le temps et compromettre à la longue l'existence de l'édifice; tandis que le massif de maçonnerie, soigneusement fait, reçoit progressivement de nouveaux accroissemens de dureté et de ténacité. Outre cela, le contact de ce massif avec le terrain est immédiat et continu, malgré les inégalités qu'il peut y avoir, au lieu que la surface du châssis n'y repose pas toujours également et entièrement.

La grande corderie de Rochefort, dont la longueur surpasse 1200 pieds, a été construite par *Blondel*, sur un terrain glaiseux, dont la consistance diminue en s'approfondissant, et devient une vase demi-liquide. Ce célèbre architecte n'employa aucun pilotis; mais il établit les fondemens sur un grillage continu de charpente, qui s'étendait non-seulement sur toute la longueur des murs de face, mais encore sous de petits murs de traverse, également espacés à 24 pieds de distance l'un de l'autre, et qui ne s'élevaient qu'à la hauteur du sol, leur emploi étant de lier les fondemens des murs de face.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce grillage fut enfoncé de son épaisseur dans la glaise ; il fut recouvert d'un plancher de madriers jointifs, et on eut soin de construire la maçonnerie des murs qui reposait sur le plancher par assises générales. Ce grand édifice, ainsi fondé, subsiste sans altération.

Il paraît que dans un grand nombre de cas on peut se passer de la méthode coûteuse des pilotis, d'autant plus qu'ils n'offrent pas toujours une résistance constante et inaltérable ; l'expérience a prouvé que souvent les pilotis, après avoir résisté à la percussion du mouton et donné l'apparence du refus à un enfoncement ultérieur, s'enfoncent ensuite de nouveau avec une grande facilité lorsqu'on vient à les rebattre au bout d'un certain temps.

Les pilotis sont cependant nécessaires dans plusieurs cas. Les fondations dans les rivières, telles que les piles et culées des ponts, les murs de quai, les écluses, ont, indépendamment de l'inégale compressibilité du terrain, une autre cause de ruine à surmonter, ce sont les affouillemens que la violence du courant peut produire ; dans ce cas les pilotis sont très utiles, principalement pour former des enceintes qui préservent les fondations. Les enceintes de pilotis ou de *palplanches* (*a*) servent également pour contenir et brider les épanchemens de la portion du terrain soumis à la charge de l'édifice.

Des moutons et des sonnettes.

On donne le nom de *mouton* à un bloc de bois dur ou de fonte dont on se sert pour enfoncer les pilots. Ce bloc est suspendu à une charpente qui permet de l'élever jusqu'à

(*a*) Les palplanches sont des madriers dont le bout est taillé en pointe, et qu'on enfonce dans le terrain à l'instar des pilots.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une certaine hauteur pour le laisser tomber avec force sur la tête du pilot à enfoncer ; cet appareil prend le nom de *sonnette*. On a varié de plusieurs manières différentes la construction des sonnettes ; mais elles se réduisent à deux espèces principales, savoir : les *sonnettes à tiraude*, et les *sonnettes à déclic*.

Les *sonnettes à tiraude* se distinguent en ce qu'elles ont le mouton attaché à un câble, soutenu par une poulie placée au sommet d'un appareil de charpente. Le mouton est alternativement élevé et abandonné à sa propre pesanteur, au moyen de plusieurs hommes dont chacun est appliqué à une corde, et ces cordes se réunissent toutes au câble.

L'expérience a prouvé que si le mouton pèse 600 livres, chaque homme soulève, en terme moyen, 30 livres ; mais si le mouton pèse 1000 livres, alors il n'en soulève que 24. Les *sonneurs* (on nomme ainsi les ouvriers qui travaillent aux sonnettes) agissent ordinairement 10 heures par jour, battent dans leur journée 120 volées de 30 coups chaque, et élèvent le mouton à une hauteur moyenne de 4 pieds. Une volée dure ordinairement 3 ou 4 minutes, compris les intervalles de repos ; le reste du temps est employé au transport, à la mise en fiche du pieu et au déplacement de la sonnette.

On appelle *sonnettes à nœud* celles où toutes les cordes sur lesquelles les sonneurs agissent, se réunissent en un seul point du câble qui soutient le mouton. Il résulte de cette disposition vicieuse, que toutes les lignes de traction deviennent plus ou moins obliques, et que les forces transmises par les sonneurs sont décomposées en deux, dont une devient non-seulement inutile, mais encore nuisible, puisqu'elle tend uniquement à ébranler la machine.

On évite cet inconvénient à l'aide d'un cercle horizontal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on suspend au câble, et qui donne aux cordes des directions parallèles. L'usage de ce cercle exige, 1° que l'on substitue à la poulie ordinaire une roue de 4 pieds de diamètre; 2° que l'on recouvre la partie supérieure de la circonférence de cette roue par une courbe concentrique en bois mince ; elle est destinée à empêcher les rebondissemens du câble, qui ont lieu toutes les fois qu'on néglige cette précaution.

Les *sonnettes à déclic* ont un moulinet, à l'aide duquel on peut élever un mouton très pesant par l'action d'un petit nombre d'hommes. On les appelle sonnettes à déclic parce qu'elles doivent être munies d'une détente ou d'un déclic, l'office duquel est de lâcher le mouton lorsqu'il est parvenu à une certaine hauteur, et à lui permettre de descendre librement par son propre poids. La sonnette à déclic est ordinairement réservée pour les gros pieux qui exigent une forte percussion.

Il est arrivé dans quelques circonstances qu'un pieu frappé par le mouton d'une sonnette à déclic a cessé d'enfoncer, et qu'ensuite il a continué à prendre fiche ayant été battu par un mouton d'un moindre poids et dont les chutes étaient moins élevées. On dit qu'un pieu est battu au refus lorsqu'il n'entre plus que de 2 ou 3 lignes par volée.

Dans un terrain argileux qui se comprime difficilement, on ne peut enfoncer qu'un certain nombre de pilots ; passé ce terme, les nouveaux pieux font ressortir ceux premièrement battus. Pour éviter cet effet, on a quelquefois pris le parti de les enfoncer le gros bout en bas.

La tête d'un pilot doit être coupée carrément et en chanfrein au pourtour, afin qu'elle n'éclate pas dans la percussion ; on la cercle aussi d'une frette en fer, qu'on enlève après le battage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque le terrain ferme est très dur, on arme la pointe du pieu d'un sabot en fer. Il faut, dans ce cas, que la pointe du pieu, recépée carrément, repose immédiatement sur le culot intérieur du sabot, afin qu'il ne se déverse pas et n'arrache pas les clous qui attachent ses branches au pieu.

Lorsque les circonstances l'exigent, on ente les pieux et les pilots pour leur donner la longueur nécessaire. L'enture se fait au moyen de deux entailles semblables, qui ont la forme de deux secteurs de cercle.

De Camus, gentilhomme lorrain, et Camus, académicien, Soyer, Bernoulli, Mariotte, Perronet et Rondelet, ont essayé de déterminer, par des expériences, la valeur de la percussion produite par un corps pesant qui tombe librement; mais les expériences qui ont été faites sont par elles-mêmes trop indirectes, et les résultats obtenus sont trop contradictoires pour qu'on puisse les appliquer avec confiance au calcul de l'effet que produit la percussion du mouton sur le pieu ou le pilot qu'il enfonce.

Épuisemens.

Lorsque l'on établit les fondations des édifices, on est fréquemment obligé d'épuiser l'eau que les sources ou les filtrations y introduisent. Souvent les épuisemens entraînent dans des dépenses très considérables; le choix des moyens à employer dépend de plusieurs considérations.

La première est, sans doute, d'obtenir le plus grand effet possible avec la moindre dépeuse de force motrice; mais on se tromperait étrangement si l'on supposait qu'elle est la seule qui doit influer sur le choix. Il est au contraire des cas où la machine la plus avantageuse sous ce rapport, doit être rejetée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et céder la prééminence à une autre machine bien moins productive.

Les autres considérations qui doivent déterminer le choix, sont, 1° l'importance et la durée des travaux; 2° les déplacemens plus ou moins fréquens que doivent éprouver les machines; 3° la grandeur et la disposition des emplacemens où elles doivent agir; 4° la qualité de l'eau que l'on doit extraire; 5° le degré d'activité exigé dans le travail des épuisemens.

Dans un épuisement long et considérable par la masse d'eau à élever, on éprouve de l'économie à employer des chevaux plutôt que des manœuvres; le courant de l'eau, ou bien une machine à vapeur, plutôt que les chevaux : mais la machine mue par les chevaux coûte bien plus à construire, à établir et à transporter que les machines mues par des hommes; les machines à vapeur, et celles animées par le courant, coûtent encore plus. Si donc la durée et l'importance des travaux n'est pas telle que l'économie sur la main-d'œuvre des épuisemens surpasse la plus grande dépense occasionnée par l'établissement des machines plus productives, il est certain que ce serait une très mauvaise spéculation de leur donner la préférence.

Les machines destinées à être fréquemment déplacées doivent avoir peu de poids, peu de volume; être faciles à établir et assez solides pour n'éprouver aucun dommage par le choc, par les secousses qu'elles éprouvent durant leur transport.

La configuration, la grandeur et la disposition de la machine doivent évidemment être en rapport avec le local qui leur est destiné; ainsi une machine volumineuse serait absurde dans un lieu très resserré.

L'eau que l'on doit épuiser est souvent bourbeuse et char-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gée de saletés de toute espèce. Dans ce cas, toutes les machines sujettes à s'engorger, ou bien à se déranger par l'intromission de la boue ou du sable que l'eau charrie, doivent être rejetées.

Les moyens les plus usités pour effectuer les épuisemens que les fondations exigent sont, 1° le *baquetage*, 2° le *chapelet vertical*, 3° le *chapelet incliné*, 4° la *vis d'Archimède*, 5° les *pompes*.

On donne le nom de *baquetage* au travail des ouvriers qui puisent l'eau immédiatement avec des seaux ou baquets d'une forme quelconque. Cette méthode, qui est la plus simple, est aussi la plus économique, lorsque la hauteur où l'eau doit parvenir est petite.

D'après les observations de Perronet, il résulte que le produit moyen journalier du travail d'un baqueteur, dont la durée est de 12 heures, est équivalent à un poids de 45,000 liv. élevé à 6 pieds de hauteur.

On se sert à Venise d'une méthode facile et très avantageuse d'épuiser l'eau contenue dans l'enceinte d'un bâtardeau : lorsque la distance entre la surface de l'eau et le point le plus élevé où l'on veut la faire parvenir n'excède point 5 ou 6 pieds, deux hommes empoignent les anses d'un *van* ordinaire d'osier, et s'en servent pour puiser et verser l'eau avec beaucoup plus de promptitude et de célérité qu'avec les seaux ; car la forme de cet instrument large, peu élevé, est très favorable à ce genre de travail.

S'il s'agit de puiser de l'eau à une profondeur moindre de 3 pieds et la lancer à 5 ou 6 pieds de distance seulement, une *écope* suspendue à la hollandaise offrira un moyen aussi facile qu'avantageux. Ce n'est autre chose qu'une pelle creuse suspendue par une corde à trois pièces de bois en forme de pyramide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un homme prend le manche de l'écope, et par un mouvement d'oscillation il puise et verse l'eau en dehors.

Le chapelet vertical est une machine dont on se sert fréquemment, parce qu'elle n'occupe que peu de place. Elle est composée d'une chaîne sans fin, garnie de plateaux à distances égales, lesquels, en parcourant un tuyau de même diamètre à peu près, font monter l'eau qu'ils ont puisée, dans le réservoir où le bout du tuyau est immergé.

D'après les expériences de Soyer, rapportées dans l'ouvrage de Gauthey, un homme peut élever, dans un jour, au moyen d'un chapelet vertical, 120 à 124 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur, ce qui donnerait un produit plus fort que celui du *baquetage* d'environ un cinquième. Soyer a observé que dans un chapelet dont la manivelle fait 20 ou 25 tours par minute, le volume d'eau élevé est à celui qui le serait s'il n'y avait point de pertes entre les plateaux et le tuyau, à peu près dans le rapport de 64 à 100; et quand la manivelle fait 47 tours, la perte est presque réduite à rien. Cette machine s'engorge aisément et elle exige de fréquentes réparations.

Le chapelet incliné diffère du chapelet vertical en ce que ses plateaux, qui ont ordinairement de plus grandes dimensions, sont en bois et carrés; ils se meuvent dans une caisse inclinée, nommée *buse*, qui est ouverte dans le haut. La section de la buse est à peu près égale à la surface d'un des plateaux. A circonstances semblables, le produit de cette machine est à peu près égal à celui du chapelet vertical; mais elle comporte de plus grandes dimensions, et on peut lui appliquer un manége.

Quand l'emplacement le permet, l'usage de la vis d'Archimède est très avantageux. Cette machine est très simple et ne demande que peu d'entretien : elle a surtout l'avantage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien précieux de n'exiger aucune réparation pendant le travail, puisqu'elle ne se dérange presque jamais.

La forme extérieure d'une vis d'Archimède est cylindrique. Ce cylindre creux est construit, à l'instar d'un tonneau, de douves environnées de plusieurs cercles de fer, placés à distances égales; il contient intérieurement un *noyau* ou axe cylindrique, qui est entouré d'une surface courbe qui suit les développemens d'une hélice tracée sur l'axe même; cette surface est encastrée dans l'axe et dans le tuyau. Souvent la vis est composée de trois ou de quatre courbes, qui suivent les développemens d'autant d'hélices parallèles.

Cette machine est placée dans un châssis de bois; son axe est incliné d'un certain nombre de degrés et porte une manivelle à son extrémité.

Les vis d'Archimède dont on se sert ordinairement dans les épuisemens, ont de 16 à 18 pieds de longueur et de 15 à 16 pouces de diamètre intérieur; elles élèvent l'eau à 9 ou 10 pieds de hauteur, et elles sont mues par 8 ou 10 hommes qui travaillent pendant 2 heures et sont ensuite relayés par un même nombre d'ouvriers. On calcule que cette machine verse, dans une journée moyenne de 10 heures, 12,000 pieds cubes.

L'eau, dans cette machine, monte en suivant les filets de la vis et les suit jusqu'à l'extrémité supérieure du tuyau, quelle que soit la longueur de ce tuyau; car l'inclinaison des filets sur l'axe et leur continuité non interrompue font qu'une fois entrée dans le tuyau qui tourne continuellement, elle glisse sur les surfaces courbes qui forment les filets de la vis comme sur un plan incliné, et passe de l'un à l'autre successivement jusqu'au bout, où elle tombe dans une auge disposée pour la recevoir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On démontre géométriquement que si l'on fait abstraction des frottemens et autres résistances passives, la quantité d'action produite par le moteur appliqué à une vis d'Archimède, est entièrement employée sans déperdition à élever l'eau. Cette propriété lui appartient exclusivement. Plusieurs causes tendent cependant à altérer ce beau résultat théorique ; 1° la manivelle tourne dans un plan qui, n'étant pas vertical, se trouve dans une position désavantageuse pour le moteur ; 2° l'extrémité de la machine qui plonge dans l'eau imprime à cette eau en dehors de la vis un mouvement qui détruit une partie de la force motrice ; 3° la vis est sujette à se courber et à se déjeter.

Les pompes employées aux épuisemens ont le défaut capital de s'engorger par l'intromission de la boue et du sable que l'eau charrie, et qui, en s'insinuant entre le piston et le corps de pompe, se fixent dans les articulations des charnières ; il en résulte que les frottemens augmentent progressivement, que les soupapes cessent d'agir, que l'action de la puissance, absorbée par les résistances passives, ne tend qu'à la destruction de la machine et devient enfin incapable de produire aucun effet utile.

Les fondations dans l'eau se font de trois manières différentes: 1° à l'aide de batardeaux, 2° à l'aide des caissons, 3° à pierres perdues.

Batardeau.

Le *batardeau* est une espèce de coffre en charpente, composé de deux files de pieux parallèles revêtus intérieurement de palplanches jointives et reliés au sommet par des *ventrières* et des *liernes*. Ce coffre doit être rempli de terre glaise que l'on pilonne par couches; mais avant de déposer cette glaise, il faut *draguer* dans l'intérieur du coffre pour enlever les vases et les sables, car il est essentiel que la glaise repose immédia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement sur le bon terrain. On donne ordinairement à un batardeau une épaisseur égale à la hauteur d'eau à soutenir.

Un batardeau doit résister à deux forces très puissantes ; la première dépend de la poussée de la terre qui remplit le coffre. Les ventrières et les liernes sont destinées à vaincre cette force; si elles ne suffisent point on y ajoute des liens de fer.

La seconde force exerce son action lorsqu'on épuise l'eau dans l'espace que le batardeau enveloppe; alors la pression de l'eau environnante contre le coffre de charpente tend à le renverser en dedans. On résiste à cette force en établissant un nombre suffisant d'étais et de jambes de force placés intérieurement. La disposition de ces pièces boutantes varie suivant la forme, la grandeur et l'élévation du batardeau.

Quoiqu'un batardeau ait été construit avec toutes les précautions que l'art suggère, il arrive rarement qu'il ne se forme des voies d'eau qui contrarient l'épuisement. Elles sont de trois sortes ; les unes se forment en traversant les parois du coffre ; les secondes en s'insinuant entre le terrain sur lequel le batardeau est assis et la glaise que le coffre contient; les autres doivent leur origine à des sources plus ou moins fortes qui jaillissent dans le terrain que le coffre environne. Les deux premières sortes de voies d'eau dépendent ordinairement de la mauvaise construction du batardeau; les dernières sont inévitables et sont une conséquence de la nature du sol.

Pour qu'une voie puisse traverser les parois du coffre, il faut qu'il y ait dans la glaise dont il est rempli un défaut de continuité, et ce défaut aura lieu lorsque la glaise contiendra des morceaux de bois ou de pierres. Il importe essentiellement de choisir de la glaise ou terre franche bien pure, et de veiller attentivement à ce qu'aucun corps étranger ne tombe dans le coffre avant ou pendant le remplissage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des voies d'eau s'établiraient entre le corroi de glaise qui remplit le coffre du batardeau et le sable ou gravier qu'on y aurait laissé, si on n'avait soin de les enlever avec la drague, pour que la terre glaise puisse reposer immédiatement sur un terrain non sujet à filtrations.

Les voies d'eau provenant des sources qui se feraient un passage dans l'intérieur du bassin, ne peuvent être prévues, et conséquemment ne peuvent être prévenues; mais il ne faut négliger aucun moyen de les combattre et de les détruire lorsqu'elles se sont établies.

Un des moyens les plus efficaces que l'on emploie à cet effet, est de les encaisser dans une espèce de puits ou de coffre imperméable, qui, les empêchant de s'écouler, les oblige à s'élever jusqu'à une certaine hauteur, où, se trouvant de niveau avec la surface de la masse d'eau dont elles proviennent, une sorte d'équilibre s'établit et l'écoulement cesse.

Les travaux à effectuer dans l'intérieur du batardeau ne permettent pas toujours de former cette espèce de puits et de l'élever à la hauteur convenable. En pareil cas, on étudie les moyens d'établir une sorte de siphon renversé dont les branches sont disposées suivant la configuration du local.

Dans tous les cas, les travaux qui doivent s'effectuer dans l'enceinte d'un batardeau, doivent être poussés avec toute l'activité possible; et avant de les entreprendre, on doit tout prévoir et tout disposer pour qu'il n'y ait aucune cause de retard.

Lorsque l'on doit épuiser l'eau contenue dans l'enceinte d'un batardeau, il ne faut pas oublier les précautions suivantes.

Pour ne pas être obligé d'élever l'eau au-dessus du batardeau, lorsque la hauteur de l'eau extérieure ne l'exige pas, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placera dans son enceinte une caisse bien calfatée et goudronnée qui le traversera perpendiculairement à sa longueur. Cette caisse, composée de planches de chêne de deux pouces d'épaisseur, bien jointes et tenues à chaque bout et au milieu par un bâti de charpente, est garnie, vers le bout qui correspond à l'extérieur du batardeau, de 3 portes à charnières placées l'une au-dessus de l'autre, suivant que l'exigera la hauteur de l'eau extérieure. Ces portes sont garnies de cuir en dedans.

Lorsqu'on emploie des chapelets verticaux, il faut que leur tuyau soit percé de trois trous, de deux en deux pieds, au-dessous du *hérisson* qui soutient la chaîne. On les bouche ensuite avec des tampons de bois garnis de filasse. Ces trous serviront à laisser évacuer l'eau proportionnellement aux crues ou à l'abaissement de l'eau extérieure, afin de ne pas charger la puissance, d'une colonne d'eau inutile. Pour cet effet, l'on substituera aux tampons d'un même rang des gargouilles de bois, tournées et percées dans le milieu, lesquelles se dégorgeront dans les auges, que l'on élèvera ou qu'on baissera d'autant.

Les chapelets doivent être placés sur un échafaud solide, établi sur des pieux. Des puisards correspondront au-dessous des chapelets, dont la partie inférieure y sera immergée. Ces puisards sont creusés assez profondément pour que l'eau qui jaillit dans l'intérieur du batardeau y trouve un écoulement facile.

L'économie, sous le rapport des épuisemens, exige que les surperficies des enceintes que les batardeaux environnent soient les moindres possibles; d'un autre côté, la prévoyance commande de se ménager la faculté de former des contre-batardeaux intérieurs, nécessaires quelquefois, et de fournir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours l'espace nécessaire pour les manœuvres des constructions.

Des caissons.

Pour construire des ponts et quelques autres ouvrages hydrauliques, la méthode des caissons est souvent préférable aux batardeaux, spécialement lorsque les fondations doivent atteindre à une profondeur considérable sous le niveau ordinaire de l'eau.

Les caissons sont de deux espèces. La première, que les anciens ont connue et mise en usage, consiste dans un coffre analogue à celui d'un batardeau, qu'on remplit de béton jusque hors de l'eau. Lorsque cette maçonnerie a acquis la consistance qu'elle doit avoir, on peut, si l'on veut, supprimer le coffre, et on continue la maçonnerie hors de l'eau suivant les méthodes ordinaires. Nous avons déjà parlé de cette méthode page 335.

La seconde méthode a été inventée par un ingénieur suisse, nommé Labelly, et mise en usage la première fois à la construction du pont de Westminster à Londres. (Voyez Lesage, *Recueil des Mémoires des Ponts et Chaussées*, 1810.)

Chaque pile de ce pont a été fondée par le moyen de caissons, dont le fond était un fort grillage de charpente garni de planches, et les côtés construits de manière à pouvoir s'enlever après que la pile fut achevée. Dans le lit de la rivière on a dragué à une profondeur suffisante le fond, qu'on a établi de niveau pour y échouer le caisson.

Ce caisson était garanti extérieurement par une file de pieux en bois de sapin, afin de le préserver de l'approche des barques et autres grands bâtimens. Ces pieux, qui avaient été battus avec un mouton du poids du 1700 livres, ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été sciés, à l'aide d'une machine fort ingénieuse, à 17 ou 18 pieds sous la ligne d'eau.

Cette même méthode a ensuite été mise en usage et perfectionnée en France; on s'en est servi avec succès pour la fondation des ponts de Saumur et de Tours; elle a été ensuite employée pour la *forme* ou bassin de Toulon. On en a fait usage à Paris pour le pont des Arts, celui du Jardin des plantes et celui des Invalides.

Il est rare que le fond de la rivière ait un niveau assez exact pour qu'on puisse y faire reposer immédiatement le caisson; ordinairement on est obligé de préparer le sol, soit en détruisant les inégalités qu'il présente, soit en y étendant de niveau une masse de terrain additionnel.

Comme il n'est pas toujours possible de disposer convenablement le sol pour recevoir le caisson, et comme il est souvent inutile pour la solidité que la fondation descende au-delà d'une certaine profondeur, on est dans l'usage, dans ces circonstances, de placer le caisson au-dessus du fond et de l'établir sur un système de pieux recépés de niveau à une certaine profondeur au-dessous de la surface de l'eau.

De Cessart a perfectionné la machine pour scier les pieux de niveau, et lui a donné une telle exactitude, qu'à une profondeur de 15 pieds sous l'eau on peut enlever facilement une tranche horizontale de deux lignes d'épaisseur. Cette perfection devenait indispensable pour que les têtes de tous les pieux pussent se trouver dans un même plan horizontal, afin que le fond du caisson soit également soutenu par toutes ces têtes. Suivant le devis inséré dans les œuvres de De Cessart, qui contiennent la description détaillée de cette machine, elle coûte 2200 fr.; elle contient 2000 liv. de fer et 64 liv. de cuivre. Son poids, y compris celui de l'échafaud

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mobile ou chariot roulant sur lequel elle est placée, et celui de cinq ouvriers pour la manœuvrer, est d'environ 12,000 liv.

Cette machine peut couper en douze minutes un pieu d'un pied de diamètre. Son travail moyen journalier consiste dans le recépage de 18 pieux par jour.

Les caissons peuvent, en général, être considérés comme une sorte de bateau que l'on construit sur le bord du rivage et qu'on lance ensuite à l'eau, pour le conduire au-dessus de l'emplacement que doit occuper la fondation. Son fond est horizontal et composé de poutres jointives; les parois verticales sont formées par des châssis ou panneaux de madriers bien assemblés et calfatés. Ils peuvent se démonter en se détachant du fond, lorsque après la construction de la maçonnerie ils sont devenus inutiles. Quand il s'agit de construire un pont qui ait plusieurs piles d'égales dimensions, les mêmes parois verticales servent pour les caissons de toutes les piles, que l'on adapte successivement aux parties du fond.

Lorsque le caisson se trouve à la place que la fondation doit occuper, on le fixe par des montans qui entrent dans des coulisses qui lui sont adaptées et qui ne lui laissent la faculté d'obéir à aucun autre mouvement qu'à celui d'ascension et de descension occasionné par les variations du niveau de l'eau. Il est des cas où ce mouvement pourrait avoir des inconvéniens; on l'évite alors en faisant échouer le caisson avant de commencer la maçonnerie et en le fixant dans cette position par une charge provisoire.

Lorsque le caisson repose sur un système de pieux, il est essentiel de former un *enrochement* qui remplisse tous les vides entre les pieux, et on doit préserver cette base des affouillemens par des files extérieures de pilots jointifs qui environneront l'enrochement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enrochemens.

On donne le nom d'enrochemens ou de fondations à pierres perdues à celles que l'on forme dans les lieux où l'eau a beaucoup de profondeur, en y déposant une grande quantité de grosses pierres; c'est ainsi que l'on construit ordinairement les jetées dans les ports de mer. Les blocs que l'on emploie de cette manière ont souvent de grandes dimensions; leur transport et leur déposition dans l'eau exigent des moyens mécaniques plus ou moins compliqués.

On peut voir dans Bélidor (*Architecture hydraulique*, 2e part., liv. VIII, chap. 10) la description des *pontons* que l'on employait de son temps pour aller chercher sur le rivage les blocs qui devaient servir pour former des enrochemens. Ces pontons avaient une espèce de pont-levis dont l'extrémité s'appuyait sur le rivage, et les blocs en parcouraient la longueur, étant tirés par un treuil qu'une roue à chevilles mettait en mouvement. On trouve dans les œuvres de De Cessart les dessins d'une machine dont il fit usage pour le versement des blocs de la digue de Cherbourg; elle consiste dans une chèvre mobile portée par un ponton, et qui, s'inclinant en avant, va soulever le bloc chargé dans un bâtiment qui se place contre le ponton. Cette chèvre reprend ensuite sa position verticale pour déposer le bloc qu'elle a élevé sur la partie supérieure d'un plan incliné le long duquel le bloc glisse et tombe dans l'eau.

M. Bremontier a employé un ponton disposé d'une manière ingénieuse pour descendre et arranger sous l'eau des blocs factices servant à la construction d'une digue à Saint-Jean-de-Luz. Le dessin de ce ponton se trouve dans le *Recueil de charpenterie* par Krafft.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La difficulté du chargement et du déchargement des grandes pierres, quand on veut faire usage de gros bateaux pour leur transport, a engagé M. Ferrageau à se servir du moyen suivant pour effectuer les enrochemens au fort du Boyar. Il fixa le bloc à transporter à deux tonnes vides accouplées et assujetties l'une à l'autre par le moyen d'un appareil de charpente et par des cordages qui les entouraient. Le bloc était porté par une chaîne qui s'attachait à un cordage passant sur les tonnes et uniquement retenu par un petit levier de fer. Ce levier était maintenu dans sa position verticale par un déclic qu'on lâchait au moment de faire échouer le bloc et opérer le déchargement. Quant au chargement, on conçoit que l'appareil étant disposé sur le bord de la mer, il se mettait à flot de lui-même quand la marée venait à monter. On a transporté de cette manière un bloc de 405 pieds cubes, pesant 75,200. L'appareil aurait pu porter un bloc de plus de 486 pieds cubes.

Quand il s'agit de former des enrochemens considérables, on prend quelquefois le parti de faire échouer de vieux navires chargés de maçonnerie. C'est ainsi que les Romains, sous le règne de Claude, ont fait échouer à l'embouchure du Tibre le grand vaisseau qui transporta d'Egypte l'obélisque que l'on voit maintenant au milieu de la place de Saint-Pierre à Rome.

Vitruve indique une méthode dont on se servait de son temps pour établir des fondations dans les ports. On formait sur le rivage un terre-plein horizontal de sable soutenu par un mur; puis on construisait dessus un pilier en maçonnerie d'une grandeur déterminée; on laissait reposer le pilier pendant environ deux mois pour que la maçonnerie eût le temps de se consolider; puis, en faisant une coupure au mur qui soutenait le terre-plein, on faisait ébouler le sable, et le pilier tombait dans la mer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le lecteur qui désirerait avoir de plus amples détails sur les fondations qui appartiennent spécialement à l'Architecture hydraulique, doit consulter les œuvres de Bélidor, de Perronet, de De Cessart et de Gauthey.

De la maçonnerie des fondations en général.

Les fondations en général doivent avoir beaucoup d'empatement, c'est-à-dire une large base. Vitruve, Palladio, Philibert de Lorme, prescrivent que la largeur à leur base soit double de celle qu'elles auront au niveau du sol. Scamozzi fixe la diminution de grosseur entre un quart et un tiers; mais il veut que les fondations des tours et des édifices très élevés aient une base de triple largeur.

Bélidor fait observer avec raison que l'empatement de la base des fondations doit être plus ou moins grand suivant la hauteur totale du mur, et qu'on ne peut s'exempter d'avoir égard à cet élément essentiel. D'après ces considérations, cet auteur propose d'augmenter la base de la fondation d'un mur de 20 pieds de hauteur, de 8 pouces, c'est-à-dire de 4 pouces de chaque côté; de manière que si ce mur a 2 pieds de largeur au niveau du sol, la base des fondations aura 32 pouces.

L'augmentation pour un mur de 50 pieds sera de 10 pouces de chaque côté; de manière que s'il a 3 pieds au niveau du sol, il aura 4 pieds 8 pouces à sa naissance.

Quand un mur doit résister à des poussées obliques, il vaut mieux, au lieu d'établir les retraites également de chaque côté, les établir entièrement ou en grande partie à l'extérieur, c'est-à-dire à la partie opposée à la poussée.

Les fondations doivent présenter la plus grande solidité dans les endroits qui correspondent aux angles des murs; là, ils auront donc une plus forte épaisseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour épargner la dépense, lorsqu'on fait usage de colonnes ou de piliers isolés, on pourra s'exempter de faire des fondations pleines, en construisant de fortes piles qui correspondent au dessous de chaque colonne; des arcades réuniront ces piles. Dans ce cas on aura toujours soin de faire les piles angulaires plus fortes.

Quelques auteurs conseillent, pour éviter que les piles des fondations ne prennent des affaissemens irréguliers et inégaux, de former entre elles des arcs renversés dont la convexité repose ou sur le terrain même, ou sur d'autres arcs tournés en sens inverse. Ils conseillent, en outre, de pratiquer quelques cavités dans l'épaisseur des massifs des fondations, pour favoriser l'évaporation de l'humidité que la maçonnerie exhale.

Vitruve au chap. 3 du III^e liv., en parlant des fondations des temples, prescrit que les intervalles entre les murs de ces fondations soient voûtés, ou bien remplis de terre que l'on comprimera fortement à l'aide du mouton dont on se sert pour battre les pieux. . . . . *Intervalla autem concameranda aut solidanda fistucationibus.*

Le mortier destiné pour les fondations doit être de parfaite qualité et formé autant que possible avec de la chaux hydraulique naturelle ou artificielle.

Les fondations d'un édifice doivent, autant que possible, être faites simultanément sur tôute leur étendue et par assises ou couches régulières, afin que les tassemens et la dessiccation de la maçonnerie puisse s'opérer uniformément, et conséquemment pour éviter les fentes et les désunions qui résulteraient nécessairement des tassemens inégaux. Quand les circonstances s'opposent à cette simultanéité de construction, il faut avoir soin de laisser de fortes et de grandes morses pour relier les parties qui se feront successivement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand les fondations sont terminées, on doit les laisser reposer le temps néeessaire pour que la maçonnerie qui les compose ait pris une consistance suffisante.

Quoique les fondations soient cachées, elles exigent néanmoins autant de soins et d'exactitude que les parties apparentes. Leur mauvaise exécution occasionne des effets très nuisibles : les murs se fendent, perdent leur aplomb ; il se forme des crevasses dans les voûtes, dans les plafonds, dans les pavés en maçonnerie ; la connexion se détruit, et la stabilité s'évanouit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

Constructions des murs et voûtes.

Taille des pierres.

Nous avons déjà parlé, dans le 1^er^ chapitre du 1^er^ livre, du sciage des pierres; nous ajouterons ici que des moyens mécaniques peuvent souvent rendre la taille des pierres plus prompte et plus économique.

M. Wright a imaginé deux procédés pour tailler avec une scie des pierres cylindriques ou circulaires, en évitant le travail très long et très fatigant de les creuser suivant la méthode ordinaire.

Premier procédé. Il commence par percer avec un foret le bloc vers le centre; il décrit autour de ce centre la circonférence que le cylindre doit avoir; ensuite il perce un ou deux autres trous dont les axes doivent être parallèles entre eux et parallèles à celui du centre, et doivent se rapporter à la circonférence décrite. Il introduit une lame de scie dans un des trous de la circonférence, et une tige de fer dans celui du centre; alors il réunit les deux bouts de la lame aux deux bouts de la tige par des traverses et des écrous, et forme ainsi une espèce de châssis, lequel permet à la lame de décrire une surface cylindrique, mais l'empêche de dévier hors de cette surface.

Second procédé. Il adapte à la surface de la pierre qui doit devenir la base du cylindre, une plaque métallique circulaire exactement égale à cette base, et un anneau concentrique, tel qu'entre la plaque et l'anneau il n'y ait qu'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

espace suffisant pour qu'une lame de scie puisse passer librement. Il perce perpendiculairement un trou entre la plaque et l'anneau, y introduit une lame de scie, et combine cette lame avec un châssis. Par cette dernière méthode il peut non-seulement tailler des cylindres, mais toute espèce de solides dont les bases parallèles et semblables peuvent être circonscrites par des courbes quelconques. Ainsi il peut tailler des corniches ornées de moulures, des chenaux, des mitres de cheminées, des conduits d'eau et autres ouvrages de cette nature.

Perronet a décrit, dans son grand ouvrage, une machine dont il a fait usage aux travaux du pont de Neuilly, pour forer les gargouilles; on appelle ainsi les trous pratiqués dans les voussoirs des arches d'un pont pour faciliter l'écoulement des eaux. Cette machine consistait en un foret suspendu à un balancier au moyen d'une corde; le balancier communiquait du côté opposé, par l'intermédiaire d'une autre corde, avec un levier, qui, tour à tour, était comprimé et mis en mouvement par des *cames* adaptées à un axe qu'un homme mettait en mouvement à l'aide d'une manivelle; de cette manière le foret était alternativement élevé, puis abandonné à l'action de sa pesanteur; un second ouvrier était assis sur la pierre pour diriger le foret et le faire tourner sur son axe à chaque vibration.

On se sert aussi avec utilité, soit pour tailler un cylindre de pierre, soit pour creuser un trou cylindrique, de scies pliées en cercle, assujetties à un axe vertical soutenu dans un appareil de charpente, qui lui permet de descendre verticalement au fur et à mesure que la taille s'opère; des hommes ou un cheval font mouvoir circulairement cette scie. On a employé des moyens analogues pour tailler les tambours destinés à former des colonnades.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les nombreuses indications sur la taille des pierres que contient l'ouvrage de M. Morisot, on distingue les suivantes.

La taille des pierres de taille en usage à Paris exige le temps spécifié dans le tableau suivant :

QUALITÉ DES PIERRES.	Pour la taille d'une toise superficielle des assises d'appareil réglé.		Pour une toise superficielle d'un parement droit.		Pour une toise superficielle de taille des moulures.		Pour le ragrément et jointoiement d'une toise superficielle sur un mur droit.		Refouillement sur le chantier d'un pied cube entre quatre côtés conservés.	
	heures.	min.	heures.	min.	heures.	min.	heures.	min.	heures.	min.
PIERRE TENDRE.										
Vergelé tendre et Parmin.	9	»	15	»	54	10	3	45	2	»
Vergelé dur	10	5	20	35	74	25	5	10	2	45
Conflans	9	10	16	50	60	55	4	15	2	15
Lambourde de Saint-Maur	9	35	18	45	67	40	4	40	2	30
PIERRE FRANCHE.										
De l'Ile-Adam	10	15	24	20	88	»	6	5	3	15
De l'Abbaye du Val	13	50	33	45	121	5	8	25	4	30
De Mont-Rouge ou de Bagneux	16	55	41	15	148	5	10	15	5	30
ROCHE.										
De l'Ile-Adam	14	35	35	35	128	35	8	55	4	45
De Passy et de Sèvres	17	40	43	8	155	40	10	48	5	45
De Châtillon ou de Bagneux.	18	30	45	»	162	25	11	15	6	»
De Saillancourt et de la Chaussée	19	15	46	52	169	10	11	45	6	15
De la Remise et de Saint-Non	20	50	48	45	175	55	12	10	6	30
LIAIS.										
De l'Ile-Adam	17	40	43	8	155	40	10	48	5	45
Gros liais ou cliquart	21	10	50	35	181	40	12	40	6	45
Liais fin et dur	22	15	54	20	195	10	13	35	7	15

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bardage des pierres.

On désigne par le nom de *bardage* le transport des pierres de taille de l'atelier au pied du mur; on se sert ordinairement, à cet effet, d'une petite voiture à deux roues, qu'on appelle *binard*, à laquelle sont attelés six ou huit manœuvres. Pour cet effet, on fixe, sur les parties latérales des *poulins* ou *brancards*, des crochets auxquels les ouvriers qui tirent attachent leurs bretelles. Quelques-uns de ces crochets sont posés en sens contraire, pour pouvoir tirer à rebours et faire reculer le binard dans les endroits resserrés, et pour pouvoir le retenir et modérer sa marche dans les descentes rapides.

Le timon a 6 ou 9 pieds de longueur, et porte perpendiculairement deux ou trois traverses horizontales, auxquelles sont appliqués les manœuvres qui tirent. Les roues ont 3 pieds de diamètre.

Plusieurs de ces binards ont les roues pleines; il y en a quelques-uns à quatre roues, lesquelles n'ont qu'un peu plus d'un pied de diamètre. Ceux à deux roues sont plus commodes pour le chargement et pour le déchargement. Le binard prend d'abord la forme d'un plan incliné, sur lequel on place aisément la pierre à transporter, puis le timon sert de levier pour dresser le binard; à cet effet, un ouvrier se suspend à l'extrémité du timon et agit par son propre poids, tandis que les autres tirent simultanément le timon vers le bas, pour lui faire prendre une position horizontale.

Les binards qui doivent transporter des fardeaux plus considérables ont, au lieu de roues, des rouleaux. Ces rouleaux, fixés au binard même, ont, à leurs extrémités saillantes hors des *poulins*, des trous pour y insérer des bras de leviers, avec lesquels on fait tourner les rouleaux et avancer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le binard. Ils doivent être convenablement frettés avec des cercles en fer.

Lorsque les ouvriers qui doivent transporter une pierre dont le poids n'excède point 1000 à 1200 livres, sont de bonne volonté, robustes et intelligens, il n'y a pas de moyen plus expéditif que de passer des cordes sous la pierre, et lier ces cordes à des pièces de bois, dont les extrémités sont supportées par les épaules des ouvriers. En Italie et surtout à Rome on fait usage de cette méthode.

Gauthey (Traité de la construction des ponts) donne les résultats suivans pour évaluer le *bardage* des pierres de taille. En supposant à la pierre une pesanteur spécifique moyenne de 140 à 150 livres, un homme attelé à un binard peut traîner environ 0,055 partie d'un mètre cube ; et en supposant qu'il faille six hommes pour charger et décharger les blocs de pierre, ces six hommes suffiront pour le service du binard, lorsque le volume des pierres ne surpassera point 0,38 partie d'un mètre cube.

Si les pierres sont plus pesantes, il faut atteler un plus grand nombre de manœuvres, qui perdront leur temps pendant le chargement, le déchargement et le retour; mais comme il en coûte plus pour faire mouvoir un chariot quand il est tiré par des hommes, que quand il l'est par des chevaux, il y a un point où, relativement à la charge, il devient préférable d'employer des chevaux.

Le volume de pierre que peut tirer un cheval étant supposé de 0,4 partie d'un mètre cube, il est facile de déterminer la grosseur des pierres pour lesquelles il convient d'atteler un ou plusieurs chevaux.

On trouve (dit Gauthey), en adoptant les prix qui se paient actuellement à Paris, qu'outre les six bardeurs, qui sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

regardés comme nécessaires pour le service du binard, il est préférable, au lieu d'en augmenter le nombre, d'atteler un cheval quand le volume des blocs de pierre est compris entre 0,60, et 0,78 partie d'un mètre cube; deux chevaux, quand il est compris entre 1,16 et 1,60 mètre cube; quatre chevaux, quand il est compris entre 1,66 et 1,98 mètre cube; et ainsi de suite.

Le bardage des moellons et des briques se fait, si la distance est médiocre, par des brouettes, ou bien par des *bards* ou *civières* portés par des manœuvres; on préfère le dernier mode quand la distance est courte et le chemin inégal.

En supposant que la pesanteur spécifique soit de 140 livres le pied cube, Gauthey donne l'évaluation suivante.

Pour le chargement dans les brouettes d'un mètre cube de moellons.. . .	0,8	Partie d'une heure de travail.
Pour le transport à un relais de 10 à 15 toises.	0,6	

Quand la distance est plus grande, on emploie de préférence des camions ou de petits tombereaux contenant environ 5 pieds cubes ou 0,21 partie d'un mètre; ils sont traînés par quatre hommes. On emploie pour charger dans les camions un mètre cube de moellons, 0,83 partie d'une heure de manœuvre. En employant trois manœuvres pour charger les camions, il faut pour un mètre cube de moellons :

Temps du chargement, les camions contenant chacun 0,21 partie de mètre cube.	0,58	Heures de 4 camions et 0,767 partie de camion, dont chacun est manœuvré par 4 ouvriers.
Pour parcourir 100 mètres allant et venant..	0,06	
Déchargement.	0,03	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Montage ou levage des menus matériaux.

On désigne ainsi le transport vertical des matériaux à une hauteur déterminée. S'il s'agit de petits matériaux, l'on connaît trois méthodes principales : la première est de les porter à dos ; la seconde est de les faire passer d'une main à l'autre, par plusieurs ouvriers, placés à cet effet l'un au-dessus de l'autre ; la troisième est de se servir d'un treuil, sur lequel est fixée une corde dont chaque bout soutient une caisse ou un seau ; en faisant tourner le treuil, la corde s'enveloppe d'un côté et se développe de l'autre, de sorte qu'un des seaux remonte tandis que l'autre descend.

Les observations que Coulomb a faites sur le travail des hommes, nous ont fait connaître que le produit journalier d'un ouvrier qui transporte sur son dos un fardeau à une certaine hauteur, est d'élever un poids de 130 ou 140 livres à 2,700 pieds d'élévation perpendiculaire, en y comprenant les retours à vide. Au moyen de ce résultat, on pourra aisément calculer la valeur du levage d'une quantité déterminée de matière dont la gravité spécifique est connue. Ainsi on trouvera, par exemple, qu'un ouvrier pourra transporter dans sa journée, à 60 pieds d'élévation, 38 pieds cubes de terre (pesant 120 livres le pied cube) ; et si l'élévation n'est que de 30 pieds, il en transportera 76 pieds cubes.

Un autre résultat des mêmes observations de Coulomb, est que le travail d'un homme qui monte étant chargé, comparé avec celui d'un ouvrier qui agit sur la manivelle d'un treuil, devient moindre d'un cinquième ; de sorte que l'on aura le profit d'un cinquième à employer un moulinet ou treuil pour élever le fardeau, plutôt que de le faire porter à dos. Voilà pourquoi, dans les grandes constructions, on pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fère l'emploi d'un moulinet garni de deux caisses, dont l'une descend vide tandis que l'autre monte pleine, pour élever le mortier, les moellons, les briques et autres menus matériaux, au lieu de faire porter ces mêmes matériaux par des manœuvres, comme on le pratique dans les constructions de moindre importance.

Il y a une circonstance à laquelle il faut faire attention, qui diminue l'avantage qu'a la méthode du moulinet sur celle de porter à dos, et qui même, dans plusieurs cas, rend cette seconde préférable à la première. Lorsqu'on se sert du moulinet, il faut d'abord transporter et déposer les matériaux qu'on doit élever, dans un endroit auprès de l'emplacement où correspondent les caisses suspendues au moulinet; on les charge ensuite dans ces mêmes caisses à la hauteur où ils doivent parvenir; quand ils y sont arrivés, on en forme un tas dans lequel les manœuvres viennent ensuite les prendre pour les porter à dos dans les divers endroits où ils doivent être mis en œuvre. Ainsi il y a un double chargement et un double déchargement. Cet inconvénient ne se fait pas sentir d'une manière aussi sensible quand les distances des lieux sont considérables, que quand elles sont fort petites; dans ce dernier cas on doit préférer les transports à dos.

Scamozzi rapporte dans son *Traité d'architecture* que, lorsqu'on construisit Saint-Pierre de Rome, on fit transporter les menus matériaux par des animaux que l'on faisait monter sur les échafaudages par des rampes en pente douce.

La méthode de placer plusieurs ouvriers l'un au-dessus de l'autre sur les échelles ou les échafaudages pour faire passer les matériaux d'une main à l'autre, est avantageuse et très expéditive, pourvu que l'opération ne soit pas de trop longue durée.

On peut quelquefois avec un moyen très simple faire par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

venir immédiatement les menus matériaux à l'endroit même où ils doivent être employés, quoiqu'il ne corresponde pas verticalement à celui où ces matériaux se trouvent. Il suffit de tendre une corde qui parte de l'un de ces endroits et aille aboutir à l'autre. On placera une poulie dans le lieu où l'extrémité la plus élevée de la corde est fixée; on fera passer sur cette poulie une seconde corde à laquelle sera attachée une autre poulie mobile à croc, laquelle sera placée sur la corde tendue, de manière à pouvoir glisser librement le long de cette même corde; on attache ensuite le fardeau au croc de la poulie mobile. Il est évident que si on tire la seconde corde, il faut nécessairement que le fardeau monte en suivant la direction tracée par la corde tendue.

Le montage et la pose des pierres de taille exigent des échafaudages et des machines plus ou moins compliqués.

Echafaudages.

On distingue deux espèces d'échafaudages; ceux de la première espèce s'appellent *simples;* les autres, d'*assemblage*. Les simples sont ceux dont on se sert pour les maisons et les autres constructions ordinaires; ils n'ont à supporter que le poids des ouvriers. Pour les former, on élève perpendiculairement des perches dont on enfonce le pied tant soit peu en terre, ou que l'on retient avec une masse de plâtras et de plâtre scellée à ces perches; on y en joint d'autres horizontalement, plus courtes, mais fortes, appelées *boulins*, avec des cordages entrelacés, qui les retiennent par un bout, tandis que l'autre, enfoncé d'un pied environ dans le mur, y est scellé. Sur ces boulins l'on pose des madriers en travers, en forme de plancher, pour la facilité du service.

Ces échafauds se multiplient de 9 pieds en 9 pieds ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

environ, au fur et à mesure que les murs s'élèvent; et leur solidité dépend spécialement de la quantité de cordages qu'on y emploie et qu'on n'épargne pas, et de leur disposition : aussi court-on des risques lorsqu'ils sont mal disposés.

Les échafauds d'assemblage sont ceux qu'on emploie pour les grands édifices. Outre le poids des ouvriers, ils ont à supporter celui des pierres de taille et autres matériaux pesans à élever ; ils doivent servir de support aux machines ou bien aux points de suspension.

C'est encore sur les planchers de ces échafauds que les pierres de taille seront traînées de l'endroit où elles sont parvenues après leur élévation jusqu'à l'endroit où elles doivent être posées.

Dans les pays où l'on a une abondante quantité de sapin, comme en Italie où l'on se procure aisément des pièces de 30 à 40 pieds de longueur, très droites, très régulières, et d'un équarrissage proportionné à leur longueur, les échafauds sont à la fois simples et solides; on n'a pas besoin de cette multitude de *décharges*, de *liens*, de *contre-fiches*, ni de ce grand nombre d'entailles, de tenons et de mortaises, qui sont nécessaires pour bien affermir les grands échafauds que l'on construit à Paris, lesquels sont pour la plupart composés de petites pièces de chêne, dont la longueur n'excède pas 10 à 12 pieds.

Ces échafauds sont ordinairement composés de plusieurs rangs de *sablières* parallèles, placées à la distance de 9 pieds l'une de l'autre. Ces sablières sont supportées par des *poteaux* également espacés à 12 pieds l'un de l'autre; ils sont réunis à tenon et mortaise avec les sablières. Chaque poteau est affermi par des *contre-fiches* qui le soutiennent en bas, et par trois *liens* qui le consolident en haut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les échafauds ainsi construits sont doubles, quelquefois triples et quadruples; c'est-à-dire ils sont formés par deux rangs ou faces parallèles semblables, l'une placée à 3 pieds du mur, l'autre à 6 ou 9 pieds du second. Souvent il y en a une ou deux autres semblables au-delà du mur; elles sont assemblées et liées entre elles par des entre-toises et des croix de Saint-André.

Quand, suivant la méthode italienne, on emploie de longues pièces de sapin pour former les grands échafauds, on évite de pratiquer aucune entaille; elles peuvent ainsi servir à d'autres usages après qu'on aura démonté l'échafaud.

Le pied des *montans* ou pièces verticales est inséré dans de fortes pièces horizontales ou *sablières* étendues sur le terrain; on goudronne ces pièces lorsqu'on veut les préserver des mauvais effets de l'humidité. Les montans sont espacés à 18 ou 20 pieds l'un de l'autre, et leur éloignement du mur est plus ou moins grand suivant que la facilité du service le requiert. Ils sont liés entre eux par des *longrines* ou *liernes* horizontales, éloignées de 7 à 9 pieds l'une de l'autre dans le sens vertical. Les *boulins* ou solives qui doivent supporter les planchers, reposent, par un de leurs bouts, sur les longrines, et de l'autre sur le mur. Lorsque les planchers ont à supporter des poids extraordinaires, on établit des décharges ou croix de Saint-André.

Pour épargner le bois, on fait souvent des *échafauds suspendus*. On appelle ainsi ceux qui sont soutenus par des pièces de bois mises en travers des murs, de sorte qu'ils n'arrivent pas à s'appuyer sur le terrain. Les pièces saillantes qui supportent l'échafaud doivent être très fortes, et soutenues convenablement par des liens et des décharges insérés dans les entailles pratiquées au mur. On se sert communément

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette méthode pour la construction des tours, des édifices au bord de l'eau, et lorsqu'on ne veut pas encombrer la voie publique.

Le plus considérable *échafaud suspendu* connu est celui qui a servi pour la construction de la cathédrale de Milan. Il avait plus de 200 pieds de hauteur, et sur ses planchers on maniait des blocs de marbre pesant 10 à 15 milliers.

On forme à Rome des échafauds aussi solides et aussi volumineux que les circonstances le requièrent, en se servant de la méthode que nous avons indiquée page 94.

Montage ou levage des pierres de taille.

Le *montage* des pierres de taille se compose de deux opérations : 1° on les élève à la hauteur où elles doivent parvenir ; 2° on les dirige et on les conduit à l'endroit où elles doivent être posées. Il y a des cas dans lesquels on ne peut pas les élever à la hauteur qui leur convient tout d'un coup ; comme quand on doit ériger sur un édifice une coupole, une tour ou toute autre construction éloignée de l'aplomb des murs principaux. Alors, après avoir élevé les matériaux jusqu'à la hauteur de ces murs, et après les avoir conduits au pied de la construction superposée, on y forme un dépôt pour les élever de nouveau et les conduire où ils doivent être placés.

Le levage des pierres, jusqu'à la hauteur de 20 à 24 pieds, n'exige pas d'échafaud ; les appareils nommés *chèvres* ou *écoperches* (dont nous nous occuperons bientôt) suffisent, car on les fait avancer avec facilité d'un lieu à un autre.

Souvent au lieu d'environner entièrement les édifices en construction par des *échafauds d'assemblage,* il suffit d'en établir quelques portions de distance en distance pour servir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de support aux machines ou aux points d'appui ; alors de légers échafauds volans, disposés entre ces portions et les murs même, servent souvent de planchers pour le transport horizontal des pierres jusqu'à l'endroit de la pose.

Appareils pour le levage.

La manière la plus simple d'établir un point d'appui élevé qui puisse servir au levage des pierres, est de dresser verticalement une longue et forte pièce de bois, que l'on affermit dans cette situation, au moyen de quatre cordes liées par un des bouts au sommet de la pièce de bois, et par l'autre bout arrêtées à des points fixes. Cet appareil prend le nom d'*écoperche ;* on s'en sert communément pour élever des fardeaux médiocres à une hauteur peu considérable.

Les anciens, suivant le témoignage de Vitruve, en ont fait usage pour de plus grands fardeaux. Toutes les statues qui décorent la magnifique colonnade de la place de Saint-Pierre à Rome, furent aussi élevées avec ce seul appareil, sans aucune espèce de charpente ; elles sont placées à plus de 50 pieds de hauteur au-dessus du sol de la place, et elles ont de 8 à 9 pieds de hauteur.

En Italie, et spécialement à Rome et à Florence, on épargne souvent, même dans la construction des grands édifices, les échafauds d'assemblage, en se servant de longues écoperches qui ont quelquefois 60 ou 70 pieds de hauteur ; ces énormes écoperches sont formées de plusieurs pièces assemblées, suivant la méthode indiquée page 94 ; de distance en distance, des bandages de lames en fer mince les affermissent en faisant plusieurs tours. Cet appareil très simple (dont on a fait usage à Paris, pour construire l'église de la Madeleine) fait épargner de grands frais d'échafaudage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On transporte les écoperches d'un lieu à l'autre, en plaçant le bout inférieur sur une espèce de traîneau, sous lequel on introduit des rouleaux : lorsqu'on doit les fixer, on substitue des pièces de bois plates aux rouleaux. Pour *aubaner* les grandes *écoperches*, c'est-à-dire pour les fixer de manière qu'elles ne puissent ni se mouvoir ni s'incliner qu'autant qu'on le voudra, de simples cordes ne suffiraient pas ; on se sert alors de quatre ou de cinq *palans* (systèmes de poulies).

On peut aisément faire incliner les écoperches de tous les côtés et autant qu'on le désire; il suffit pour cela de tirer d'un côté les haubans qui les soutiennent, et de lâcher en même temps ceux du côté opposé. Cet appareil utile demande cependant, de la part des ouvriers qui s'en servent, beaucoup d'intelligence.

La *chèvre* est un appareil dont la hauteur varie de 20 à 40 pieds; elle est composée de deux pièces de bois qui se touchent à leur sommet et qui sont écartées par le bas; elles sont réunies par des traverses parallèles, nommées *épars*, et qui se terminent en tenons à chaque bout; ces tenons entrent dans des mortaises correspondantes, creusées dans les deux pièces principales de la chèvre, et sortent d'une certaine longueur hors des mortaises, de manière qu'on peut les fixer par des clavettes. Les chèvres sont ordinairement garnies d'un moulinet.

On donne aussi le nom de chèvre à trois pièces réunies au sommet en forme de pyramide triangulaire. Telles sont les chèvres décrites par Vitruve dans son dixième livre, et qui servaient à la construction des temples et édifices publics. « Elles se font (dit-il) de cette manière : on dresse trois pièces de bois proportionnées à la pesanteur des fardeaux que l'on veut élever; une forte cheville les réunit dans le haut, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elles sont écartées par en bas. Le haut est attaché et retenu des deux côtés par des haubans; on y place un *moufle* dans lequel sont insérées deux poulies qui tournent sur leur axe. Le câble qui doit tirer, ayant été passé sur la poulie d'en haut, on le fait passer ensuite sur une autre poulie qui est dans le moufle inférieur, d'où il revient sur la poulie qui est au bas du moufle supérieur, et descend de nouveau pour s'attacher à un trou qui est au moufle inférieur. L'autre bout du câble se dirige sur un moulinet adapté à la chèvre, et qui est soutenu par deux *coussinets :* le moulinet a les trous nécessaires pour qu'on puisse y insérer les leviers qui doivent le mettre en mouvement. On suspend au crochet du moufle inférieur le fardeau à élever.

» Lorsque le poids et le volume des fardeaux sont considérables, on adapte au *treuil* ou moulinet une roue à tambour.

» Dans ce cas il faut que les moufles soient disposés de la manière suivante: le supérieur ainsi que l'inférieur auront double rang de poulies, le câble sera plié en deux parties égales; le milieu passera dans le trou du moufle inférieur, où il sera attaché par une corde, pour qu'il ne puisse glisser ni d'un côté ni d'autre. Cela étant ainsi, on passera simultanément les deux bouts du câble dans les poulies basses d'un moufle à quatre poulies, placé dans le haut; ils descendront ensuite se replier sur les deux poulies du moufle d'en bas, ils remonteront pour passer sur les deux poulies qui sont au haut du moufle supérieur, d'où ils se dirigeront sur les deux côtés du treuil, sur lequel ils s'envelopperont en même temps.

» Outre ce câble, un autre environne le tambour adapté au treuil, et aboutit à un autre treuil sur lequel agissent les hommes moteurs. Ce second treuil fait tourner le tambour,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tire également les deux bouts du câble, qui s'enveloppent sur le premier, et lève insensiblement les fardeaux sans danger.

» On peut supprimer le second treuil, en donnant au tambour un diamètre assez grand pour que des hommes puissent le mettre en mouvement en marchant dans son intérieur; ou bien on pourra faire usage d'une grande roue dont la circonférence sera armée de chevilles qui lui seront perpendiculaires. »

Vitruve indique aussi comment on dressait les grandes chèvres. On plantait d'abord trois forts piquets, dont deux servaient pour y attacher les jambes de la chèvre, et le troisième pour y lier le moufle inférieur, tandis que le supérieur était attaché au haut de la chèvre. On fixait ensuite la partie inférieure du câble à ce troisième piquet, et, après l'avoir fait passer et repasser sur les diverses poulies, on le faisait descendre vers le moulinet de la chèvre, et on l'y attachait. Le tout étant ainsi disposé, si l'on faisait tourner le moulinet, la chèvre devait s'élever elle-même sans aucun danger, parce qu'elle était fortement arrêtée au moyen des cordes (nommées *haubans*) qu'on disposait en divers lieux sur la chèvre et qui étaient attachées à des pieux.

Machines pour le levage.

Les machines dont on se sert pour le levage des pierres sont le *cabestan*, la *roue à chevilles*, la *roue à tambour*, les *treuils à engrenage* et les *moufles*.

Le *cabestan* n'est autre chose qu'un treuil vertical soutenu par un assemblage de charpentes, et que l'on fait tourner circulairement avec des barres ou leviers horizontaux. La *roue à chevilles* est un organe mécanique composé d'un treuil horizontal auquel est adaptée perpendiculairement une roue armée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chevilles et ayant 12 à 18 pieds de diamètre. La *roue à tambour* diffère de la précédente en ce que la roue dont le treuil est armé, porte à sa circonférence un tambour dans lequel plusieurs hommes peuvent marcher, et imprimer le mouvement par leur propre poids. Une roue à tambour ne doit pas avoir moins de 12 pieds de diamètre, car autrement les hommes seraient exposés à se frapper la tête contre le treuil en marchant. Le *treuil à engrenage* est mis en mouvement par un système de roues dentées en fonte que des hommes font tourner à l'aide d'une ou de deux manivelles. Les *moufles*, proprement dits, sont des caisses ou chapes dans lesquelles sont placées les poulies; un moufle peut contenir depuis une jusqu'à six poulies, il arrive rarement qu'on en insère un plus grand nombre dans un seul. Deux moufles réunis par un câble qui passe et repasse sur les poulies, composent un *palan;* un palan de grande dimension prend le nom de *caliorne*.

Un homme vigoureux, de bonne volonté, et qui ne travaille que momentanément à pousser le levier d'un cabestan, peut y exercer une force équivalente au poids de plus de soixante livres; mais si le travail doit durer long-temps, cette force se réduira à 30 ou 40 livres. Il faut observer en outre que lorsqu'on applique beaucoup de monde à un cabestan et que les travailleurs ne sont pas excités par des motifs d'intérêt particulier, la plupart d'entre eux ne font usage que d'une portion de leur force, ce qui fait qu'on ne doit estimer la force, dans de semblables cas, qu'à 25 ou 30 livres, ce qui correspond au cinquième environ du poids de leur propre corps.

Les hommes, au contraire, agissant, soit sur les roues à chevilles, soit dans les roues à tambour, avec le poids entier de leur corps, c'est-à-dire avec trois et même avec cinq fois plus d'énergie que sur un cabestan, en supposant le bras de levier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égal dans les trois machines, plusieurs personnes en déduisent la conséquence que le travail d'un cabestan est bien moins avantageux que celui des roues à chevilles ou à tambour. Cette conclusion n'est point exacte; car si l'on examine attentivement l'action de ces machines, on s'apercevra qu'effectivement l'homme opère sur le cabestan avec moins de vigueur, mais aussi avec plus de célérité, tandis que l'action qu'il exerce sur la roue à chevilles est d'autant plus lente qu'elle est plus forte. Il y a donc une espèce de compensation; car si l'on examine ensuite l'effet produit par l'un et celui produit par l'autre dans un temps déterminé, on trouvera qu'à égalité de circonstances, ils sont à peu près égaux; c'est-à-dire que, si par le moyen de l'un on a soulevé un certain nombre de pieds cubes de matière à une hauteur donnée, on en aura également soulevé avec l'autre un même nombre.

Cette qualité du cabestan, examinée dans ce sens, n'est donc qu'un inconvénient apparent. Cependant le même homme dont la force est suffisante pour mouvoir un fardeau déterminé, avec une roue à chevilles, ne pourra le faire avec un cabestan qui aura les mêmes dimensions, à moins qu'on n'alonge proportionnellement les leviers, qu'on ne diminue la grosseur du treuil, ou bien qu'on ne combine avec le cabestan des moufles ou un engrenage.

Le cabestan a l'inconvénient d'exiger un homme dont la force ne coopère pas à augmenter la quantité d'action, mais qui sert uniquement à tirer et à faire filer le câble, pour que les tours qu'il fait sur le treuil ne s'y accumulent pas. Il est bon d'observer que cette opération n'étant pas pénible, on y emploie ordinairement un jeune manœuvre.

Une des qualités les plus avantageuses du cabestan, est qu'il admet simultanément et sans confusion l'action de plusieurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hommes. Il y a de grands cabestans de vaisseaux auxquels on peut appliquer plus de cent hommes à la fois, et qui sont capables de produire par eux-mêmes et sans qu'il soit nécessaire de les combiner avec des moufles ou d'autres machines, un effet équivalent à plus de 50 milliers.

Les cabestans admettent aussi l'action des chevaux, et l'on peut y appliquer simultanément des hommes et des chevaux. *Domenico Fontana* employa 16 hommes et 2 chevaux à chacun des 40 cabestans qui servirent pour le transport et pour l'érection de l'obélisque du Vatican.

Une autre qualité avantageuse particulière au cabestan, est qu'on peut disposer autour de son essieu des forces égales, dirigées parallèlement deux à deux en sens contraire, en sorte que le fardeau seul produise la charge des appuis : ainsi le déchet causé par le frottement des pivots sur les appuis du cabestan, diminue dans le même rapport que celui éprouvé par les machines dont l'essieu est horizontal et dont les appuis sont presque toujours chargés conjointement par le fardeau et par les puissances motrices qui tirent de haut en bas.

Au cabestan, l'effort des hommes est toujours constant et s'exerce avec continuité, au lieu qu'aux treuils horizontaux il est ordinairement variable. L'effort qu'un homme exerce sur le cabestan est aussi moins pénible, parce que pour le produire il y a le concours d'une portion de sa gravité avec l'action des muscles extenseurs des cuisses, des jambes, des pieds, qui produisent les mouvemens de ces parties; et ces muscles sont doués d'une force extraordinaire, comme Borelli l'a démontré dans son célèbre ouvrage sur le mouvement des animaux.

On combine ordinairement les cabestans avec des moufles; cette combinaison est d'autant plus avantageuse pour le levage de grands fardeaux, que les moufles, outre la propriété d'aug-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

menter la force motrice, en ont une qui leur est particulière, c'est que le câble qui se replie, passant et repassant autant de fois qu'il y a de poulies, fait soutenir à chacune de ses branches une portion égale du poids, de sorte que si les moufles sont à trois poulies, chaque branche du câble ne soutient que la sixième partie du fardeau, et, s'ils sont à six poulies, seulement la douzième partie. Cette propriété est précieuse, surtout lorsqu'on doit faire de grands efforts, parce qu'on n'est pas obligé d'employer des câbles d'une grosseur démesurée et dont l'usage serait aussi désavantageux qu'incommode.

On peut en combinant deux *palans* entre eux produire de puissans efforts. Ce moyen est très utile dans une foule d'occasions, mais surtout quand on doit opérer dans des locaux très resserrés. On attache simplement un palan au bout libre du câble d'un autre palan. Il faut que le câble de celui qui agit immédiatement sur la résistance soit beaucoup plus fort que l'autre. L'effort total qu'on obtient avec cet appareil se calcule en multipliant les efforts partiaux de chacun des palans, de manière que si les moufles qui les composent ont quatre poulies, l'appareil fera équilibre à une résistance soixante-quatre fois plus forte que la puissance motrice. Cet appareil est sujet à un inconvénient très grave, qu'il ne faut pas dissimuler. Si les moufles du premier palan viennent à se toucher lorsque le fardeau n'a encore parcouru qu'un espace très médiocre, on ne peut alors continuer son levage sans détacher les moufles et les fixer à un autre point de la corde, opération qui ne se fait pas sans embarras et parfois sans danger.

Dans les grandes constructions en Italie, on donne la préférence au cabestan combiné avec des moufles, pour effectuer le montage des pierres de taille; il arrive très rarement qu'on emploie d'autres machines à cet usage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En France, on se sert communément de roues à chevilles ou à tambour, ou bien quelquefois encore de treuils à engrenage. On peut alléguer de bonnes raisons en faveur de l'une ou de l'autre méthode; mais nous ne pouvons nous empêcher de donner la préférence à la première.

Un cabestan est peu coûteux, à cause de son extrême simplicité; il a une longue durée, n'exige que rarement des réparations, et ces réparations sont de peu d'importance; il occupe un petit espace; on le transporte, et on l'établit avec facilité partout où on le juge convenable.

Il est évident qu'un treuil à roue, soit à chevilles, soit à tambour, ne jouit point de ces avantages. La roue, étant composée d'une multitude de petites pièces d'assemblage, est sujette à se déjeter, à se disloquer, et à éprouver de fréquens dérangemens. La machine étant volumineuse et pesante, il faut la démonter toutes les fois qu'elle doit être déplacée, pour la remonter ensuite, ce qui occasionne dépense et perte de temps. Pour la placer il lui faut un échafaud spacieux et solide; enfin, une semblable machine ne peut jamais avoir une longue durée.

Ajoutez à tout ce que nous venons de dire, la dépense de sa construction, incomparablement plus forte que celle du cabestan, et il faudra convenir que sous ce point de vue le cabestan simple est préférable au treuil à roue.

D'un autre côté, l'expérience démontre qu'un seul homme appliqué à une roue à chevilles, dont le diamètre soit douze fois plus grand que celui du treuil, peut soulever un fardeau du poids d'un millier; tandis que le même homme appliqué à l'extrémité d'un cabestan, dont le rayon soit aussi le douzième de la longueur du levier, n'élèvera qu'un poids d'à peu près 350 livres; de manière qu'il faudra au moins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trois hommes au cabestan pour produire, à circonstances égales, l'élévation du même fardeau.

Cet avantage des treuils à roues paraît, au premier abord, d'un grand poids; mais un examen attentif le rend plus illusoire que réel. Effectivement, l'expérience qui démontre qu'un homme seul, au moyen de la roue à chevilles, élève le même poids que trois avec le cabestan, démontre aussi que cet homme travaille avec plus de lenteur que les trois autres, de manière qu'à la fin de la journée, son travail comparé à celui des autres, n'en est qu'environ le tiers.

Ainsi donc, l'avantage du treuil à roue se réduit maintenant à celui de n'avoir besoin que d'un petit nombre d'ouvriers pour être manœuvré, avantage qu'on ne peut obtenir du cabestan qu'en le combinant avec des moufles; mais l'effet total produit est à peu près le même avec l'une comme avec l'autre machine.

La nécessité de combiner le cabestan avec des moufles, pour diminuer le nombre des ouvriers nécessaires à sa manœuvre, au lieu d'être un inconvénient, produit au contraire un avantage très précieux; c'est que le fardeau, au moyen des moufles, est soutenu par plusieurs portions de la corde qui se replie sur elle-même en passant d'une poulie à l'autre; de sorte qu'il est bien plus solidement suspendu qu'il ne peut l'être quand on l'élève avec une roue à chevilles, et qu'une seule branche de corde le soutient; aussi les accidens sont-ils bien moins fréquens que quand on se sert de roues à chevilles ou à tambour.

Deux autres raisons rendent préférable la combinaison du cabestan avec les moufles; la première est qu'on peut établir le cabestan dans l'endroit qui conviendra le mieux, soit dans l'intérieur de l'édifice, soit au dehors, sans être obligé de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

former aucune charpente pour le soutenir; il suffit d'établir des poulies de renvoi, pour le mettre en communication avec les moufles, quel que soit l'emplacement qu'il occupe. La seconde raison est que l'on peut y employer des chevaux pour le faire tourner.

Il ne faut pas dissimuler ici une circonstance qui n'est pas favorable au cabestan; c'est que si parmi les ouvriers qu'on emploie à sa manœuvre il y en a quelques-uns de paresseux ou de mauvaise volonté, et s'ils ne sont pas surveillés de la manière la plus active, ils se négligent et font très peu de travail; au lieu que lorsqu'ils opèrent sur une roue à chevilles ou dans une roue à tambour, il faut que malgré eux ils agissent avec vigueur, puisque, dans ce cas, c'est le poids de leur propre corps qui produit l'action.

Quand on veut se servir du cabestan pour élever des fardeaux, on doit surtout bien réfléchir à la manière d'établir avantageusement le point de suspension auquel sera fixé le moufle supérieur du palan qui soutiendra le fardeau.

M. *Crovato*, étant entrepreneur de la construction d'une partie du palais royal de Venise, fit usage de la combinaison des cabestans avec les moufles, pour élever les pierres de taille employées dans cet édifice, dont plusieurs pesaient dix à douze milliers. Ce constructeur établit, dans cette occasion, le point de suspension des moufles d'une manière aussi avantageuse qu'ingénieuse. Le moufle supérieur était placé sur un petit chariot, lequel reposait sur un châssis de douze pieds de longueur et d'une largeur un peu plus grande que celle du chariot. Le châssis était posé en travers sur l'échafaud qui environnait l'édifice, et on pouvait, avec la plus grande facilité, le faire passer d'un lieu à l'autre. Chaque moufle était double et avait quatre poulies; le câble, replié en deux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passait et repassait d'un moufle à l'autre; de manière que les deux bouts sortaient du moufle fixe pour aller s'envelopper simultanément sur deux cabestans, après avoir passé sur des poulies de renvoi qui en réglaient la direction.

Cette méthode de combiner un seul palan avec deux cabestans, donne au mouvement une régularité, une douceur et une facilité qu'on ne saurait obtenir en se servant d'un seul cabestan, comme on le pratique communément. D'ailleurs les deux cabestans permettent d'employer sans confusion plusieurs ouvriers, et de les faire tous agir sur les leviers à des points également avantageux.

Le petit chariot était mobile le long de son châssis, à l'extrémité duquel se trouvait un petit treuil; deux cordes venaient s'y envelopper en sens contraire : la première, attachée à la partie postérieure du chariot, passait sur une poulie de renvoi fixée à l'extrémité du châssis opposée au treuil; l'autre, partant de la partie antérieure du même chariot, venait directement aboutir au treuil. Il est évident qu'en le faisant tourner dans un sens, le chariot avançait, et en le faisant tourner en sens opposé, il reculait. Par ce moyen, après avoir élevé perpendiculairement une pierre, on la conduisait à l'aplomb du mur où elle devait être posée. Cette méthode de M. *Crovato* est expéditive, simple, avantageuse et digne d'être imitée.

A la nouvelle Bourse, ainsi qu'à l'église de la Madeleine, à Paris, le levage des pierres de taille a été effectué au moyen de *cabestans à manége*, mus par des chevaux. Cette méthode est avantageuse toutes les fois que le travail du levage est considérable et continu; car un bon cheval, à un cabestan, fait à peu près l'ouvrage de sept manœuvres.

A la Bourse huit cabestans faisaient le service; deux étaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placés à chaque angle de l'édifice, qui a la forme d'un parallélogramme. Les palans, combinés avec ces cabestans, étaient suspendus à des doubles chèvres placées sur le plancher de l'échafaud, où l'on pouvait les faire avancer et reculer suivant le besoin. Plusieurs poulies de renvoi servaient à diriger convenablement le câble qui allait s'envelopper sur un des treuils. Les doubles chèvres qui servaient de points de suspension avaient la forme d'une pyramide quadrangulaire composée de quatre montans obliques réunis au sommet.

Dans la plupart des édifices de Paris, le levage s'effectue à l'aide de *chèvres*, de *singes* garnis de roues à chevilles, ou de *grues* placées sur les planchers des échafauds d'assemblage. Voici les observations de *Gauthey* sur le travail du levage des pierres de taille au moyen d'une chèvre, en y comprenant le temps nécessaire pour *brayer* la pierre, ou l'attacher à la corde qui la doit soulever, celui du levage proprement dit et celui qu'il faut pour détacher le cordage et le redescendre au pied de la machine.

On suppose que la chèvre est manœuvrée par deux *brayeurs;* c'est ainsi qu'on appelle les ouvriers qui lient la pierre, la dirigent pendant qu'elle monte, et commandent les garçons de chèvre; le nombre de ces derniers varie suivant la grosseur des blocs. On peut admettre, dit Gauthey (la pesanteur spécifique étant de 140 liv. le pied cube), qu'il faut un garçon pour 0,125 partie de mètre cube de pierre. Si le volume des blocs est 0,5 partie de mètre, la chèvre sera servie par quatre garçons; elle le sera par huit si le volume des blocs est d'un mètre cube.

Une grosse pierre n'est pas sensiblement plus difficile à brayer et à débrayer qu'une petite, et le temps qu'exige cette opération est moyennement d'une demi-heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à la vitesse de l'ascension, elle a été observée de trois pieds pour six minutes, en supposant les hommes chargés comme il a été dit ci-dessus.

« L'effet qu'on obtient du singe (treuil à roues et à chevilles), ajoute Gauthey, est bien plus avantageux; mais aussi on ne peut pas employer cet appareil volumineux, comme on emploie une chèvre dans les grandes et les petites constructions, sur les échafauds, sur les murs et sur le terrain; le plus grand effet ne suffit pas dans toutes les circonstances pour déterminer à donner la préférence à une machine. »

Dans la construction de plusieurs édifices, à Paris on s'est servi de l'appareil compliqué nommé *grue*, pour remplir le double but d'élever les pierres et de les déposer dans l'endroit où elles doivent être placées. A cet effet la grue doit être tournante, c'est-à-dire, elle doit être composée de deux parties, dont une immobile et très solide, qui puisse servir tout-à-la-fois de support et d'axe de rotation à la seconde, que l'on nomme volée, et qui a une saillie plus ou moins grande; cette seconde partie soutient un treuil garni d'une ou deux roues à chevilles.

Rondelet, qui a eu occasion de faire beaucoup d'observations sur le service des grues, a remarqué que, pour qu'une grue ordinaire ait la solidité convenable, il ne faut pas, 1° que la *volée* éloigne le fardeau de plus de deux cinquièmes de la hauteur de la grue; 2° la longueur de la partie du *pinçon* ou axe vertical emmanché dans la charpente mobile formant bec de grue, doit être au moins la moitié de la volée, c'est-à-dire la moitié de la distance du câble qui soutient le fardeau au centre du poinçon; 3° cette partie du poinçon doit être taillée en cône tronqué, dont la grosseur par le bas doit être d'autant de pouces que la volée a de pieds, et celle du haut, la moitié;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° soit que la grue agisse par le moyen d'une roue à tambour ou à cheville, l'éloignement du centre du poinçon à cette roue doit avoir les deux tiers de la volée ; 5° le diamètre de l'une ou de l'autre de ces roues doit être douze fois plus grand que celui du treuil sur lequel le câble s'entortille.

Quoique les grues ordinaires proportionnées de cette manière soient celles dont le service est le plus avantageux, *Rondelet* a cependant reconnu qu'elles ont deux inconvéniens principaux. Le premier est que le fardeau, suspendu à l'extrémité du bec, agit avec une force qui exige une charpente très solide et très pesante, qui augmente l'effort du fardeau contre le poinçon ; il est si considérable qu'il dit avoir vu des poinçons de 18 pouces de grosseur se rompre par un fardeau de trois milliers suspendu à l'extrémité du bec de la grue.

Le second inconvénient est que la volée, étant déterminée, ne peut être d'un bon usage que dans un seul cas ; dans tous les autres, elle se trouve ou trop grande ou trop petite : de manière qu'il faut presque toujours tirer le fardeau pour le mettre en place ; ce qui augmente tellement l'effort contre le poinçon, que c'est ordinairement dans ces circonstances qu'il se casse. Rondelet a démontré qu'une grue ordinaire dans laquelle l'éloignement du fardeau au centre est de 18 pieds, et qui est chargée d'un fardeau de trois milliers, fait supporter au poinçon un effort latéral de près de 50 milliers. Il a vu effectivement un poinçon de 16 pouces se rompre sous l'effort d'un fardeau qui ne pesait que 2,800.

« En 1763, dit-il, lorsqu'on commença à ériger les quatre piliers du dôme de Sainte-Geneviève, on fit faire à grands frais une grue qui avait 31 pieds de volée sur 73 de haut. On l'avait placée au centre de ce dôme, dans l'espérance qu'elle pourrait faire le service des quatre piliers des arcs, et de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tour au-dessus; mais on fut bientôt obligé d'y renoncer, parce que l'effort contre le poinçon était si considérable, qu'à peine pouvait-elle porter deux milliers, encore fallait-il qu'elle fût chargée sur la queue, de 7 à 8 cents. Cette grue fut vendue à très bon compte aux entrepreneurs du pont de Neuilly, qui, par la même raison, ne purent s'en servir. Cependant elle était très bien faite et bien conditionnée; mais l'artiste qui l'avait imaginée, n'avait pas calculé l'effort prodigieux qui devait résulter d'une aussi grande volée. »

Rondelet a inventé une nouvelle grue dans laquelle il a évité une partie des défauts inhérens aux grues ordinaires, mais qui n'est pas exempte de plusieurs inconvéniens.

Il paraît que les anciens n'ont pas employé les grues tournantes dans la construction de leurs édifices, quoiqu'ils les connussent, puisqu'ils se servaient d'un appareil analogue sur leur galères, pour agripper dans les combats navals, les bâtimens ennemis et faciliter l'abordage. *Vitruve*, dans son X^e^ livre, décrit les appareils qui servaient à la construction des temples et autres édifices, et ne fait aucune mention de grues, qu'il n'aurait certainement pas oubliées, si elles eussent été en usage. En Italie, où l'on trouve un aussi grand nombre d'édifices importans, les grues tournantes ne furent pas adoptées.

En France même est-il bien démontré qu'il y ait un avantage réel d'employer ces appareils coûteux, volumineux, pesans, et qui exigent, pour être placés, des échafauds très solides et très spacieux? Ne serait-il pas plus simple d'établir, comme on le pratique en Italie, un point de suspension fixe, au moyen duquel ayant élevé verticalement un fardeau, on le dirige vers l'endroit où il doit être posé, en le faisant glisser sur un plan incliné, ou en le traînant sur un plan horizontal?

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut aussi établir deux ou trois points de suspension, à chacun desquels on accroche un palan. Ces palans aboutissent tous au fardeau qu'ils suspendent, et ils donnent le moyen de diriger à volonté le fardeau dans un lieu quelconque de l'emplacement circonscrit par les points de suspension.

Pour bien effectuer le levage et la pose des pierres de taille, il est essentiel de connaître les meilleures méthodes de *brayer* (c'est-à-dire suspendre) les pierres que l'on veut élever. On appelle *brayet* un câble fort, mais souple, plié en deux et réuni à ses deux bouts, dont on se sert pour suspendre la pierre au crochet du câble ou du palan qui doit l'élever. On peut *brayer* les pierres de deux manières différentes : la première est de faire passer le brayet sous la pierre ; la seconde est de l'accrocher à des tenons ou parties saillantes laissées à la pierre pour cet effet.

Si le brayet passe sous la pierre, on ne peut la déposer immédiatement sur son lit ; il est nécessaire de la placer d'abord sur des cales assez élevées pour qu'on puisse le retirer ; ensuite on la soulève un peu avec des leviers de fer pour ôter les cales et la poser définitivement. Pour éviter cet inconvénient, on a imaginé les méthodes des tenons et des *louves*.

La *louve* est un instrument de fer avec lequel on accroche des pierres pour les enlever. Cet instrument est fait de manière qu'il retient d'autant mieux la pierre, qu'il en ressent davantage le poids. La louve doit être composée de bon acier ou du moins de fer bien raffiné.

On a varié de différentes manières la forme des louves. Une des meilleures est celle (pl. XII, fig. 5) dont on fait usage en Italie, et qu'on dit avoir été inventée par *Brune-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leschi; elle est composée de quatre parties : savoir, 1° deux coins *a c;* 2° une partie intermédiaire *b* qui n'est pas plus large en bas qu'en haut; 3° d'une anse *d* réunie aux autres pièces par une cheville qui les traverse.

Pour placer la louve on creuse un trou dans la partie supérieure de la pierre, plus large au fond qu'à l'entrée. On place d'abord les deux coins, puis la partie du milieu, qui est faite pour les écarter et les serrer contre les côtés du trou, et enfin on place l'anse et la cheville. Cette louve, ainsi composée, forme une queue d'hirondelle, qu'il est impossible de faire sortir de la pierre, si l'on n'ôte la partie du milieu.

Parmi les pierres que l'on trouve dans les ruines antiques, il y en a qui n'ont qu'un seul trou dans la partie supérieure, d'autres en ont deux. *Perrault* a cru que ces trous servaient pour y introduire les branches d'une même tenaille. *Piranesi* a pensé avec plus de vraisemblance qu'on introduisait une louve séparément dans chacun.

Piranesi a retrouvé dans les ruines du monument sépulcral de *Cecilia Metella*, appelé *Capo di Bove*, hors des portes de Rome, deux pierres de taille qui vraisemblablement n'avaient jamais été posées, dans lesquelles il observa, d'un côté, un trou, et de l'autre correspondant, un tenon très remarquable, parce qu'on avait pratiqué dans ce tenon même un trou semblable à celui du côté opposé, lequel trou n'arrivait que jusqu'à l'aplomb de la surface du côté de la pierre où il se trouvait.

Cette découverte lui fit conjecturer avec beaucoup de probabilité qu'on insérait dans ces trous de forts crochets en fer, qui s'entrelaçaient dans le haut et qui servaient à suspendre la pierre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le trou qui pénétrait dans l'intérieur de la pierre devait se trouver sur le côté qui aurait été inséré dans le massif de la maçonnerie, et le tenon avec son trou devait être placé sur le parement extérieur, de manière qu'en faisant ensuite disparaître ce tenon, il ne serait resté de ce côté aucune trace de ce trou.

Dans les ruines de Sélinunte et d'Agrigente, on retrouve, entre autres choses, les restes d'un des plus grands temples antiques que l'on connaisse, lequel est appelé temple des Géans, ayant eu des colonnes de 12 pieds de diamètre; il était composé de très grands blocs. On remarque que pour brayer ces blocs on avait pratiqué sur leurs faces latérales des rainures ou entailles en forme d'anses de panier, qui servaient pour y loger le *brayet*, qui, de cette manière, n'était saillant aucune part hors de la surface de la pierre. On en retirait sans difficulté le brayet après qu'elle était à sa place, quoiqu'elle fût resserrée au milieu d'autres pierres déjà posées.

Quelle que soit la méthode qu'on emploie pour élever les pierres de taille, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas les dégrader. En les brayant, on ne doit pas négliger d'interposer des coussinets de paille ou d'autres matières flexibles entre la pierre et le câble qui la suspend, et surtout dans les angles. En les élevant ensuite, on doit observer qu'elles n'aillent pas frapper contre quelque traverse de l'échafaud ou contre quelque partie saillante de l'édifice; à cet effet, on attache à la pierre une ou deux cordes qui, étant retenues par des ouvriers destinés à cela, servent à diriger la pierre et à l'éloigner de tous les endroits qu'elle pourrait choquer.

Quand il s'agit d'élever des pierres sculptées ou considé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rables par leur volume, on place un ouvrier sur la pierre même, qui, en la suivant dans sa marche, est toujours en état de pouvoir bien la diriger.

Au moment de la pose on doit être attentif à ne pas écorner la pierre en la maniant avec des leviers de fer ; une des meilleures précautions que l'on prend dans ces circonstances est de poser, entre le levier et la pierre, des lames de plomb.

Les constructeurs romains font usage d'un moyen aussi simple qu'ingénieux pour faciliter la pose. Par ce moyen, représenté pl. XII, fig. 6, ils peuvent, sans risque d'écorner la pierre, la soulever, l'éloigner, la rapprocher et la mettre en place autant de fois que l'exactitude du travail l'exige. Une louve est placée dans l'endroit de la partie supérieure de la pierre qui correspond à peu près à son centre de gravité. Une corde *cc* passe et repasse plusieurs fois dans l'anse de la louve et sur l'extrémité *b* d'un levier *bdp*. Ce levier est suspendu à une des traverses de l'échafaud, à l'aide d'une corde *mm ;* deux ou trois cordes pendent à son extrémité *p*. Des manœuvres appliqués à ces cordes soulèvent la pierre toutes les fois qu'il le faut ; et avec une petite force on peut l'éloigner plus ou moins, en faisant tourner le levier autour de son point de suspension flexible.

Cintres.

La construction des voûtes exige un appareil de charpente que l'on nomme *cintre*.

Les cintres pour les voûtes légères en briques, en moellons et en béton, se font avec des courbes en planches (page 250), qui reposent sur des sablières que l'on place le long des murs à la naissance de la voûte : les sablières sont soutenues par des poteaux. Les courbes sont également espacées et éloignées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'une de l'autre plus ou moins, suivant le poids de la voûte. Cet espacement varie ordinairement entre un pied et demi et trois pieds.

Les courbes étant placées, on couvre le dessus par un plancher de sapin convenablement cloué; ce plancher doit avoir exactement la forme de l'*intrados* ou *douelle* de la voûte (Voy. le chap. 2 du II^e^ liv.)

Lorsque la voûte doit avoir des caissons ou des compartimens réguliers d'une nature quelconque, on forme avec des tasseaux et des planches, sur le plancher du cintre, des parties saillantes ayant la même forme que les cavités du compartiment de la voûte.

Lorsque la portée des voûtes est considérable, on soutient les cintres par des rangs d'étais qui correspondent principalement au sommet et aux reins des voûtes.

En quelques endroits, au lieu de former un plancher en bois sur les cintres, on pose dessus simplement des cannes ou roseaux que l'on couvre d'un enduit de terre détrempé avec de l'eau.

Telle est la méthode de former les cintres usitée en Italie, et, d'après l'indication des monumens antiques, il paraît que c'était celle dont se servaient les anciens. Quelques voûtes des Thermes et du Colisée qui n'ont point reçu d'enduit, laissent apercevoir distinctement la trace des planches en sapin qui couvraient les cintres.

Les voûtes en pierre de taille exigent des cintres plus solides et plus coûteux.

Les cintres ont beaucoup d'analogie avec les combles; ils sont comme eux composés d'un certain nombre de *fermes* auxquelles on donne une forme analogue à celle de la voûte; mais comme les fermes sont par elles-mêmes triangulaires ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

polygonales, on est obligé d'y superposer et d'y fixer des pièces courbes sur leur partie supérieure. Ces pièces courbes s'appellent *veaux*.

Lorsque les fermes, par l'addition des *veaux*, ont acquis la courbure qu'elles doivent avoir, on place dessus des pièces longitudinales et parallèles, analogues aux *pannes* des combles, et auxquelles on donne le nom de *couchis*. Elles sont destinées à recevoir immédiatement les cours des voussoirs, et elles sont espacées en conséquence.

Ainsi un cintre complet résulte d'un certain nombre de fermes auxquelles les veaux donnent la courbure requise et que les couchis relient. Le nombre des fermes dépend de la longueur de la voûte et de son poids, qui ne doit en aucune manière pouvoir faire fléchir le cintre.

Le cintre est soutenu ou par des pierres saillantes nommées corbeaux, ou par des sablières qui reposent sur des poteaux; les fermes qui composent les cintres des arcades ou des voûtes de petite dimension, sont simplement composées d'un entrait et deux arbalétriers (pl. XII, fig. 2). Si la voûte a plus d'étendue, on donne aux fermes la disposition représentée fig. 3. Pour consolider le système, on pose quelquefois sous l'entrait deux liens qui les soulagent. Ces liens s'appuient contre les poteaux verticaux. Souvent, au lieu de faire usage de veaux pour arrondir les fermes, on y supplée par de la maçonnerie que l'on dispose suivant la forme du cintre (fig. 2).

Les cintres qui servent pour les voûtes de grande dimension sont de deux espèces, les cintres à entraits et les cintres retroussés. La fig. 1, pl. XII, représente un cintre de la première espèce disposé suivant le système que *Pitot* a exposé dans les Mémoires de l'Académie des sciences de 1726. La fig. 4 représente un cintre de la seconde espèce que Perronet a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employé à la construction de divers ponts ayant de grandes arches.

On préfère généralement ce dernier système; sa disposition lui permet de prendre un certain mouvement de relèvement vers la clef, et ensuite d'affaissement sous la charge, sans inconvénient pour la solidité de la construction, lorsque le mouvement est habilement dirigé et maîtrisé.

Les arbalétriers sont disposés de manière que les abouts d'un rang répondent au milieu des arbalétriers du rang supérieur et inférieur pour les soulager, et forment ainsi des figures triangulaires qui se recroisent alternativement. Ce système est lié par des moises inclinées suivant la direction du rayon de courbure de l'intrados.

Les premières assises de voussoirs se soutiennent d'elles-mêmes; l'expérience a fait connaître que les voussoirs ne commencent à glisser sur leur lit que vers le 38e ou 40e degré. C'est alors que les cintres deviennent indispensables.

Perronet a exposé, dans un excellent mémoire, des observations intéressantes sur le cintrement et le décintrement des ponts de grandes dimensions. Ces opérations très importantes exigent, de la part de l'ingénieur qui les dirige, beaucoup d'expérience et de prudence.

On a remarqué en premier lieu qu'après le levage des cintres ils s'affaissent sous leur propre poids, et successivement sous celui des voûtes. Cet affaissement, qui tend à altérer la forme de la voûte, doit être prévu, et il faut que la courbure du cintre soit disposée en conséquence.

Lorsqu'on pose les voussoirs des reins de la voûte, l'effet de leur poids tend à faire remonter le cintre vers la clef. On s'oppose à cet effet, en chargeant provisoirement les fermes vers le sommet avec un certain nombre de voussoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A mesure que les voûtes s'élèvent, les cintres s'affaissent de nouveau par l'effet du poids des voussoirs supérieurs. Au pont de Neuilly on a reconnu un affaissement de plus de 13 lignes au moment de la pose des clefs.

Il résulte de ces divers effets, d'abord une ouverture dans la partie supérieure des joints des voussoirs à peu de distance de l'aplomb des naissances, ensuite plus haut; mais ces joints se referment après que les clefs sont posées.

La charge totale des cintres pour chaque arche du pont de Neuilly était de 2,400,000 livres. L'affaissement des fermes sous cette charge a continué jusqu'au moment du décintrement; à cette époque l'affaissement total était d'environ 19 pouces.

Pour diminuer le tassement des voûtes, l'ancien usage était de poser à sec les derniers cours de voussoirs et de les serrer avec des coins en bois fortement chargés entre des lattes savonnées. Cette méthode avait l'inconvénient d'occasionner la rupture des voussoirs; on a renoncé à cet usage. On laisse écouler 15 jours ou un mois après la pose des clefs, avant d'effectuer l'opération du décintrement.

On a remarqué qu'au fur et à mesure qu'on enlève les couchis et qu'on décharge les cintres, ils tendent à remonter en s'élevant. On doit enlever les couchis avec lenteur, pour éviter les mauvais effets qui résulteraient si la voûte prenait un affaissement trop précipité. On doit les ôter également des deux côtés en allant du bas vers la clef.

Cette opération a duré 19 jours au pont de Neuilly. Les sept derniers cours de couchis ont été enlevés le dernier jour. Au fur et à mesure qu'on enlevait les couchis, on les remplaçait par des étrésillons en bois debout posés entre la ferme et la voûte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous les couchis ayant été enlevés, les étrésillons ont été ruinés au ciseau. Cette opération n'a duré qu'une heure; car au fur et à mesure qu'on s'approchait de la clef, ils s'écrasaient sous le poids de la voûte, qui prenait un tassement successif et uniforme. Les fermes étant libres, elles se sont relevées d'environ 6 pouces par l'élasticité des bois.

Pendant l'enlèvement des couchis, les voûtes ont tassé de 6 pouces; pendant la ruine des étrésillons, le tassement a été de 18 lignes, et le lendemain de 13 lignes. Il a été ensuite en diminuant. On a posé le pavé, les parapets; et peu de temps après, le tassement, dont la totalité a été d'environ 11 pouces, a cessé entièrement.

Lorsqu'il s'agit de construire une voûte en arc de cloître, on pose d'abord deux fermes ralongées selon les diagonales, et deux autres en croix suivant le cintre primitif. On garnit les restes avec des *empanons*, ou portions de fermes, que l'on fixe sur les grandes fermes en diagonale.

Les cintres des voûtes sphériques sont composés d'un certain nombre de demi-fermes dont les projections coïncident avec les rayons.

Pour les voûtes d'arête, on commence ordinairement à établir un cintre demi-cylindrique, disposé comme si l'on voulait construire une voûte en berceau; puis on forme sur ce cintre même les parties qui doivent servir de cintre pour les lunettes, lesquelles, en s'entrecoupant avec le berceau primitif, constituent la voûte d'arête.

Considérations générales sur la conduite des travaux de maçonnerie.

Les travaux doivent être dirigés, autant qu'on le peut, de manière à obtenir tout-à-la-fois la plus grande solidité et la plus grande économie possibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour obtenir ces deux conditions, il faut premièrement s'abstenir de construire des ouvrages de maçonnerie à l'extérieur pendant l'hiver et pendant les grandes chaleurs, si des considérations majeures ne l'exigent impérieusement.

Les travaux de maçonnerie qu'on effectue l'hiver ne sont ni économiques ni solides; car, malgré que le salaire des ouvriers soit réglé d'après le nombre d'heures de sujétion, il est évident que le travail qui en résulte, comparé heure par heure avec celui fait dans la bonne saison, doit être bien moindre: 1° l'humidité et le froid qui saisit non-seulement la personne, mais qui rend pénible le maniement des matériaux, doit nécessairement paralyser une partie de leur activité, quelle que soit d'ailleurs leur bonne volonté; 2° les échafauds, les ponts volans étant couverts d'humidité et quelquefois d'une légère couche de glace, les accidens deviennent fréquens, et, pour les éviter, les ouvriers sont obligés de mettre de la lenteur dans leurs démarches.

La solidité en souffre également; car l'humidité habituelle s'insinue dans les pierres, qui ont un certain degré de perméabilité, et les dispose à s'exfolier et à s'altérer dans leur contexture, toutes les fois qu'il survient une forte gelée. La même cause altère la force d'adhésion des mortiers, et quelquefois détruit une grande partie de leur consistance et de leur ténacité.

Ainsi on doit réserver pour l'hiver les seuls travaux intérieurs dans les lieux bien couverts et bien clos.

Les grandes chaleurs ne sont pas plus favorables à la solidité de la maçonnerie que l'hiver; car elles accélèrent trop la dessiccation, et nous avons vu dans la première partie combien une dessiccation rapide est nuisible à la solidité, et combien il importe de l'éviter, surtout pour les enduits, qu'on ne devra poser

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en général qu'après que les grandes chaleurs seront passées. Si, pendant qu'elles durent, des circonstances forcées obligent de bâtir, il faut avoir soin de mouiller les murs pour les maintenir frais, et les faire arroser par des manœuvres plusieurs fois pendant la journée.

En tout temps, il est très utile de mouiller soit le lit de la maçonnerie que l'on doit effectuer, soit les moellons ou les briques que l'on met en œuvre. Cette opération favorise singulièrement l'intime adhésion du mortier avec les autres matériaux. De plus, en lavant leur superficie, on enlève la poussière et les matières hétérogènes, qui, en s'intromettant entre les pierres et le mortier, s'opposeraient à leur exacte cohésion. Ainsi toutes les fois que l'on continuera de la maçonnerie qui a reposé pendant quelque temps, on n'oubliera jamais de nettoyer soigneusement le lit en y jetant une abondante quantité d'eau.

Une construction trop rapide est très nuisible à la solidité; car la maçonnerie fraîche, se trouvant en grande masse, produit des tassemens considérables; et pour peu que les massifs soient inégaux, soit en hauteur, soit en consistance, ces tassemens s'opèrent d'une manière irrégulière, et produisent de tous les côtés des fentes, des gerçures qui détruisent la connexion des parties.

On ne saurait apporter trop de prévoyance et de soin pour empêcher les mauvais effets des tassemens irréguliers, qui ont souvent des suites fâcheuses. Voici quelques précautions qu'il n'est pas permis de négliger.

1°. Si un édifice doit s'élever sur un terrain en pente, on formera d'abord avec tout le soin possible la portion de maçonnerie nécessaire pour mettre le plan de niveau; puis, avant de continuer, on la laissera reposer autant qu'il le faut pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle ait acquis de la dureté, et que l'on n'ait plus à craindre aucun tassement de sa part.

2°. La maçonnerie doit se faire par assises régulières et de niveau sur toute l'étendue de l'édifice.

3°. De temps à autre il faudra discontinuer le travail pendant plusieurs jours, pour permettre à la maçonnerie faite de prendre consistance, afin qu'elle soit en état de supporter, sans fléchir aucunement, celle qui lui sera superposée. Léon-Baptiste Alberti recommande expressément cette condition. Voici ce que dit à ce propos ce grand architecte : « *Quei che sanno vietano lo alzare dello edificio sino à tanto che quella parte, che era fatta prima, non abbia fatto ben la presa; imperoche il lavoro fresco e tenero, essendo ancora debole e risolubile, non portrà mai supportare quello che gli murerai addosso.* »

4°. Quand on doit relier une ancienne construction avec une nouvelle, on doit redoubler les soins et les précautions pour diminuer autant que possible le tassement de la maçonnerie qu'on effectue. Les mêmes soins sont nécessaires pour la bonne exécution de la maçonnerie mixte, dont les paremens, étant en pierre de taille, sont susceptibles d'un moindre tassement que le massif intérieur, formé de plus petits matériaux, et d'une quantité de mortier plus abondante.

5°. Les tassemens irréguliers des pieds-droits des voûtes étant extrêmement dangereux, il ne faudrait jamais commencer les voûtes avant que la maçonnerie de ces supports ne se soit bien consolidée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SECONDE PARTIE.

LIVRE QUATRIÈME.

DE LA DISTRIBUTION DES ÉDIFICES.

Les principes généraux de construction exposés dans la première partie, doivent, de concert avec le goût et les convenances, diriger la distribution des édifices.

La décoration n'est qu'un accessoire de la distribution ; celle-ci est essentielle, et la bonté de l'édifice en dépend immédiatement ; la décoration n'a d'autre but que d'ajouter quelques agrémens à ce que la distribution a déjà fait. C'est un axiome dicté par le bon sens, que l'utile doit précéder l'agréable ; néanmoins la plupart des architectes apportent plus d'application à l'étude de la décoration qu'à celle de la distribution. On a beaucoup écrit sur la première, et peu sur l'autre.

Cette seconde partie, consacrée spécialement à la distribution, ne renferme qu'un seul livre, lequel est divisé en huit chapitres.

Ce qui est relatif au goût et aux convenances est exposé brièvement dans le premier chapitre. Le second traite des édifices destinés au logement des individus, c'est-à-dire des maisons, des hôtels et des palais. Dans le troisième on passe en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

revue les édifices destinés aux spectacles publics. Les édifices consacrés à l'instruction, tels que les colléges, les universités, les bibliothèques, les musées, forment l'objet du quatrième chapitre. Les salles de séance pour les chambres, les basiliques (suivant l'antique acception de ce mot), les bourses de commerce, les tribunaux, sont examinés dans le cinquième chapitre. Dans le sixième on discute ce qui concerne les édifices consacrés à la salubrité et à la sûreté publiques, tels que les thermes, les bains, les fontaines, les marchés, les abattoirs, les casernes, les prisons et les hospices. Le septième chapitre traite des arcs de triomphe, des colonnes et autres monumens, dont le but est de transmettre à la postérité les faits glorieux, et enfin le dernier chapitre est consacré aux temples et aux monumens religieux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER.

Du goût et des convenances.

Du goût.

On dit que le bon goût doit présider constamment aux travaux des artistes; mais que signifie cette dénomination, *bon goût en Architecture?* Nous croyons qu'elle n'indique autre chose que discernement et finesse de jugement; ce qui suppose que l'homme qui en est doué a de la pénétration, des idées claires, précises, bien ordonnées, et beaucoup de connaissances acquises. Si, en effet, la justesse du raisonnement jointe à l'habitude d'observer forment le bon goût, il faut, pour l'obtenir, voir les plus belles productions de l'art et réfléchir beaucoup sur ce que l'on a vu.

Pour observer avec fruit, il ne faut point se laisser maîtriser par une admiration aveugle qui approuve tout sans discerner ce qui est excellent de ce qui est ou médiocre ou mauvais. Aucune œuvre humaine ne peut avoir une perfection absolue; les plus grandes beautés se trouvent souvent mêlées avec des défauts très répréhensibles. La célébrité d'un monument, la réputation d'un artiste, ne doivent jamais autoriser ce que la raison réprouve. Cependant combien d'abus, combien de défauts ont été admis en Architecture par des artistes qui se sont rendus esclaves de l'autorité d'un nom ou d'une chose célèbre!

L'observation raisonnée est profitable et instructive, non-seulement par les beautés qu'elle fait apercevoir, mais aussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par les défauts qu'elle signale. D'une part, elle nous offre des modèles à imiter; de l'autre, elle nous indique ce que nous devons éviter.

L'imitation est digne d'éloge, pourvu qu'elle ne soit ni servile ni inconsidérée, et qu'elle ait le flambeau de la raison pour guide. C'est en imitant les chefs-d'œuvre de l'antiquité que le célèbre Palladio a surpassé tous ses devanciers, et qu'il n'a été atteint par aucun des architectes qui l'ont suivi.

Un architecte qui voudrait s'affranchir de toute imitation, quel que soit son génie, s'exposerait évidemment à s'égarer dans de fausses routes; car en Architecture le cercle des inventions louables est singulièrement resserré par les convenances de toute espèce que l'on ne peut négliger sans commettre des fautes blâmables. Il faut donc imiter, mais avec discernement; et pour pouvoir le faire, on doit se procurer la connaissance des plus célèbres productions d'Architecture dans tous les genres, si ce n'est en nature, du moins en dessin. C'est en les comparant et en les soumettant à un jugement impartial et éclairé par les règles de l'art que l'artiste fécondera son imagination et parviendra à choisir, pour chaque espèce d'édifice, la distribution et la conformation qui lui conviennent particulièrement.

Des convenances.

Les convenances ayant la plus grande influence sur les œuvres de l'Architecture, il ne sera pas inutile de les examiner en détail.

Ces convenances sont ou générales ou particulières. Les premières embrassent tous les édifices, quelles que soient leur nature et leur destination; les autres dépendent spécialement de cette nature et de cette destination.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les principales convenances générales sont la solidité, l'économie, la régularité. Un édifice ne peut évidemment manquer à une d'elles sans être défectueux.

Solidité.

Il ne suffit pas qu'un édifice soit solide en réalité, il faut aussi qu'il le soit en apparence. Il est ridicule d'affecter une hardiesse de construction qui ne soit pas exigée par la nécessité. En effet, si le défaut de solidité est un vice, pourquoi faire ostentation de ce qui est vicieux? Pourquoi vouloir faire perdre à l'édifice l'avantage de paraître solide s'il l'est effectivement?

Cette affectation extravagante ne peut dériver que d'un goût dépravé. C'est le caractère des charlatans de vouloir exciter l'admiration aveugle du vulgaire par des choses qui contrarient la raison; l'homme sage et éclairé méprise de semblables succès.

L'affectation d'une solidité excessive n'est pas moins blâmable; car non-seulement elle absorbe en pure perte une quantité exubérante de matériaux, un travail et une dépense inutiles, mais elle rend les édifices lourds, sans grâce et sans élégance.

Les monumens égyptiens étaient excessivement pesans, les gothiques trop légers et trop élancés. Plusieurs édifices modernes réunissent tout-à-la-fois les deux défauts opposés. Dans plusieurs églises, par exemple, la hardiesse et la légèreté gothiques se font remarquer dans la coupole, tandis que la lourdeur égyptienne apparaît dans d'énormes piliers qui interceptent la vue et diminuent l'espace dans les nefs. Un édifice sera louable toutes les fois qu'à l'instar des beaux monumens grecs et romains, son ensemble et ses parties ne seront ni trop massifs ni trop grêles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut que la distribution soit faite de manière que chaque partie contribue à la solidité du tout, qu'elles se lient et s'enchaînent mutuellement. Quand plusieurs étages seront superposés, il faut que les murs se correspondent exactement du haut en bas, et que les vides se trouvent sur les vides et les pleins sur les pleins. On doit opposer aux poussées les massifs les plus vigoureux; et, réciproquement, on doit concentrer et diriger les poussées vers les points les plus capables d'y résister. Dans tous les cas il ne faut jamais perdre de vue les principes élémentaires de construction qui ont été développés dans la première partie.

On doit prévenir, autant que possible, les accidens destructeurs qui peuvent survenir aux édifices. Les anciens ont cru et plusieurs auteurs modernes ont répété qu'on peut diminuer les effets des tremblemens de terre en établissant des réservoirs d'eau dans les caves. Nous ignorons le degré de foi que mérite cette proposition.

Il est un appareil de sûreté dont une longue expérience a sanctionné l'efficacité et qu'on ne doit point omettre d'adapter aux édifices importans : je parle des *paratonnerres*. On appelle ainsi une tige métallique qui s'élève perpendiculairement sur le sommet des combles et qui est continuée sans interruption jusqu'au sol. Cet appareil, inventé par le célèbre Franklin, a la propriété de soutirer insensiblement l'électricité répandue dans l'atmosphère et de l'ensevelir dans le terrain.

On doit observer qu'il n'est pas prudent de placer au sommet des édifices aucune barre métallique verticale qui ne soit continuée jusqu'au sol.

On devrait mettre en usage plusieurs moyens qui ont été proposés et qui ont été trouvés efficaces, pour s'opposer, jusqu'à un certain point, aux terribles ravages des incendies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Hartley a fait construire auprès de Londres, en 1777, une maison dont toutes les pièces de bois qui formaient les planchers et le comble étaient revêtues de lames de fer battu plus mince qu'une feuille de papier; elles avaient 2 pieds de longueur et un et demi de largeur; on les plaçait à recouvrement et on les clouait sur le bois. Ce revêtement était couvert d'une couche de vernis. On fit plusieurs expériences qui constatèrent l'incombustibilité de la maison de M. Hartley.

Cette méthode a l'inconvénient d'être dispendieuse. Milord Mahon en a imaginé une plus économique; voici en quoi elle consiste : Toutes les portions de bois qui entrent dans l'édifice doivent être entièrement enveloppées d'une couche de mortier composé d'une portion de sable, de deux portions de chaux et de trois portions de foin haché; on pose des lattes sur les poutres et les solives pour que le mortier puisse s'y attacher convenablement. Lorsque l'enduit a été étendu, on le saupoudre avec du sable. Dans la connexion des pièces de charpente, on a soin que leur union soit assez intime pour empêcher le passage de l'air. Milord Mahon fit allumer un très grand feu dans une maison construite suivant sa méthode, et elle n'en fut nullement endommagée.

Le mémoire intéressant de M. Hemptine, inséré dans le tome IV des Annales de l'industrie, contient des recherches très curieuses sur cet objet utile.

Economie.

L'économie est aussi nécessaire dans les plus grands monumens que dans les constructions les plus modestes; elle n'exclut point la grandeur, la richesse et la magnificence, lorsque la raison les guide et qu'elles sont commandées par les autres convenances, mais elle rejette sévèrement l'inutile profusion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première règle d'économie est qu'aucun objet ne doit être introduit dans la contexture d'un édifice s'il n'a un but distinct d'utilité et de convenance. Ainsi tous les ornemens qui le surchargent sans rien ajouter ni à sa commodité ni à sa solidité réelle ou apparente et sans avoir une signification analogue à sa qualité, sont essentiellement vicieux, parce qu'ils sont superflus. Ainsi, un édifice devrait être tel qu'on ne pût rien y retrancher sans altérer sa beauté et son intégrité essentielle.

Secondement, on doit épargner les matériaux et surtout les matériaux coûteux autant que la solidité peut le permettre; mais il faut que cette épargne soit judicieuse, et elle ne le serait aucunement si, par exemple, les supports qui doivent soutenir de grandes charges ou de fortes poussées étaient formés par des matériaux faibles et sans consistance. Elle ne le serait point non plus si un péristyle (qui forme le plus bel ornement de l'Architecture) était formé par des matériaux dénués de force, de beauté et de grandeur. La véritable économie consiste donc dans l'art d'employer convenablement les matériaux, c'est-à-dire dans l'art de proportionner leur qualité et leur quantité aux emplacemens qu'ils doivent occuper et aux efforts qu'ils doivent éprouver. Ainsi, les supports très chargés seront formés par de gros blocs de pierre dure. Les paremens apparens seront en marbre partout où les convenances exigeront de la magnificence; mais les matériaux les moins coûteux pouront être mis en usage dans les lieux non apparens et qui ressentent faiblement les charges et les actions destructives.

Il est une économie dans la dépense primitive, qui, en rendant moins durables les édifices, produit une grande augmentation dans les réparations, soit par leur fréquence, soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par leur importance. Cette sorte d'économie est souvent vicieuse et n'est tolérable que lorsqu'il s'agit de constructions entreprises par pur esprit commercial.

Régularité.

Les constructions rurales les plus simples admettent de la régularité. En parcourant l'Italie on est frappé de la disposition symétrique, élégante et pittoresque que présentent plusieurs fermes, plusieurs granges, plusieurs greniers, qui ornent le paysage de la manière la plus agréable.

Si la plus humble fabrique doit avoir toute la régularité que comporte sa destination, à plus forte raison les constructions plus importantes ne doivent jamais être dépourvues de cette qualité essentielle, d'autant mieux que la régularité s'allie très bien, dans le plus grand nombre de cas, avec la solidité et avec l'économie.

Les trois convenances principales dont nous venons de parler donnent naissance à d'autres convenances qui en dérivent immédiatement. Telles sont la simplicité, la symétrie, la correspondance des parties, l'harmonie des proportions.

Simplicité.

Le mot *simplicité,* suivant l'acception que nous lui attribuons ici, présente l'idée diamétralement opposée à l'inutile profusion et à la confusion. Ainsi un édifice, quelle que soit sa grandeur, quelle que soit sa magnificence, sera doué de simplicité si rien de superflu ne se fait remarquer, si le spectateur saisit avec clarté le rapport des parties avec le tout et des parties entre elles, si l'utilité et la convenance de chaque objet peuvent se démontrer sans hésitation.

Il faut que l'œil soit frappé par l'élégance et la beauté de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il voit, et qu'en même temps la raison soit satisfaite par la persuasion que les belles formes que présente l'édifice sont commandées par sa nature et par les convenances qui lui sont propres. Combien l'art est aimable quand il prend les apparences de l'utile et du nécessaire ! Il produit d'autant mieux son effet qu'il se laisse moins apercevoir.

Voltaire décrit ainsi le Temple du goût :

Simple en était la noble architecture;
Chaque ornement, à sa place arrêté,
Y semblait mis par la nécessité :
L'art s'y cachait sous l'air de la nature.
L'œil satisfait embrassait sa structure,
Jamais surpris et toujours enchanté.

Voici par contreposition le portrait que le bon goût fait de son antagoniste :

Toujours accablé d'ornemens,
Composant sa voix, son visage,
Affecté dans ses agrémens
Et précieux dans son langage,
Il prend mon nom, mon étendard.
Mais on voit assez l'imposture;
Car il n'est que le fils de l'art,
Moi je le suis de la nature.

Toutes les portions d'un édifice qui font corps ensemble et qui doivent être aperçues en même temps doivent résulter du plus petit nombre de divisions possible ; il faut que chacune d'elles soit bien motivée, qu'elles s'enchaînent mutuellement et qu'elles produisent des masses fortes et bien prononcées.

Cette parcimonie dans la division des parties est le seul moyen de donner aux édifices ce caractère imposant qui frappe, qui étonne et qui commande l'admiration. Les détails trop

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapprochés fatiguent, confondent l'imagination et affaiblissent les sensations en les multipliant.

Les jeunes artistes croient trop souvent qu'un édifice ne peut être beau, ne peut être magnifique s'il n'est surchargé d'ornemens et de détails. Cependant les richesses dans les beaux-arts comme dans l'ordre social, ne sont vraiment utiles que lorsqu'elles sont distribuées avec discernement, et elles deviennent souvent nuisibles lorsqu'elles sont prodiguées inconsidérément.

Deux choses donnent surtout à un édifice le caractère d'une noble simplicité, savoir : 1° la continuation des lignes; 2° les repos, c'est-à-dire l'intromission de grandes parties lisses entre celles qui sont ornées.

Continuation des lignes.

Continuation des lignes signifie, en Architecture, cette régularité dans les formes et dans les alignemens qui fait qu'aucun objet n'est et ne semble interrompu ou brisé par d'autres, que tous s'enchaînent avec un accord parfait.

Un péristyle offre un exemple de la continuation des lignes dans l'acception que nous lui attribuons. En effet nous voyons d'abord que toutes les parties qui composent les bases des colonnes, c'est-à-dire, les *plinthes*, les *tores*, les *scoties*, les *astragales*, se trouvent chacune dans des mêmes plans horizontaux, et de plus les surfaces qui composent ces membres sont continues et nullement interrompues; un raisonnement identique s'applique aux *fûts* des colonnes, aux *chapiteaux*, et à toutes les moulures qui composent l'entablement; de sorte que nulle part on n'aperçoit des mutilations, et toutes les parties analogues se correspondent exactement : il y a donc continuation de lignes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette continuation de lignes n'aura pas lieu, si un même plan horizontal supporte des colonnes de différentes dimensions : dans ce cas les membres analogues ne correspondront pas au même niveau, et les entablemens des petites colonnes seront coupés par les fûts des grandes.

Toute personne qui a du goût doit comprendre combien la continuation de lignes est précieuse en Architecture; elle favorise tout-à-la-fois la solidité et la régularité. Les architectes les plus célèbres y ont attaché l'importance qu'elle mérite. Les artistes médiocres l'ont trop souvent sacrifiée à leur mauvais goût. Combien de corniches, combien de frontons ne voit-on pas interrompus pour y placer un écusson ou quelques ornemens insignifians. Ces mutilations vicieuses détruisent non-seulement la belle simplicité, mais elles dénaturent les objets auxquels elles se rapportent. Il est évident qu'un fronton brisé dans le milieu ne peut plus servir à l'usage auquel il est destiné par son essence même, qui est de mettre à l'abri de la pluie les objets qui se trouvent au-dessous, et de former l'indication d'un toit. Si, d'après les mêmes principes, l'on examine tous les autres membres d'Architecture sur lesquels le mauvais goût exerce de barbares mutilations, on sera convaincu qu'elles tendent toutes à empêcher que ces divers membres ne remplissent l'objet auquel ils sont destinés.

La bonne Architecture, ainsi que la belle nature, rejette les monstruosités, soit par excès, soit par défaut. Ainsi on ne doit se permettre aucune espèce de *ressaut* qui ne soit exigé par quelque convenance indispensable. Nous assimilons les ressauts superflus aux bosses, aux goîtres, et aux autres gibbosités monstrueuses qui difforment le corps humain.

Il est essentiel que dans un édifice, les parties se correspondent sur des lignes verticales et horizontales prolongées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autant que possible, et que son ensemble présente l'aspect d'un seul corps dont tous les membres se combinent, se rapportent et s'enchaînent mutuellement, ainsi que la nature en présente l'exemple dans ses plus belles productions. Un édifice dénué de cet accord, de cette harmonie, ne réveille que des idées vagues et décousues, et est incapable de produire sur le spectateur des impressions fortes et durables.

Des repos.

Les repos, ou l'intromission des surfaces lisses entre les ornemens, sont tellement importans, que sans leur secours les ornemens produisent une confusion qui fatigue les yeux, et ne peuvent leur plaire, comme on le remarque dans les édifices gothiques, dont la multitude des détails s'entremêle et se confond.

Il est facile de s'imaginer combien la sensation produite par un ornement doit être plus forte et plus agréable s'il se détache nettement sur un fond uni qui laisse apercevoir distinctement la beauté de sa forme et la justesse de ses proportions, surtout si d'autres ornemens trop rapprochés n'affaiblissent point l'attention : il est évident que ce même ornement perdra une grande partie de son mérite, s'il se trouve enveloppé et confondu dans une foule d'autres ornemens.

Une trop grande multitude d'ornemens, loin d'embellir un édifice, nuit à son effet. Si nous comparons la magnifique cathédrale de Milan au Parthénon ou temple de Minerve à Athènes, nous trouverons que le premier de ces deux édifices est incontestablement plus grand et plus riche ; mais quel est le plus noble, le plus élégant, le plus beau, le plus agréable à la vue? Toutes les personnes de bon goût répondront certainement, le Parthénon. Si nous comparons encore

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un édifice du Palladio avec un analogue du Borromini, nous remarquerons que tous les ornemens du premier se rapportent à un objet ou d'utilité ou de convenance, et que parfois si quelque ornement de luxe vient s'y placer, il est conforme aux convenances de l'édifice et ses formes sont puisées dans l'imitation de la belle nature. Une quantité exubérante de détails couvre le second sans l'embellir, d'autant plus que la plupart ne sont que le résultat des écarts d'une imagination déréglée. Lequel devons-nous préférer?

On doit user de la plus grande parcimonie dans l'usage des ornemens, et on doit les disposer avec art pour qu'ils puissent produire tout l'effet dont ils sont susceptibles sans engendrer de confusion. Dans tous les cas, les ornemens subalternes ne doivent jamais nuire aux principaux. Ainsi, toutes les fois que l'on applique des ordres d'Architecture à une façade, il faut éviter de placer dans les entre-colonnemens des parties saillantes qui nuiraient infailliblement à l'ordre d'Architecture en attirant les regards et en détournant l'attention. Nous aimons à voir les fenêtres dans les entre-colonnemens ou lisses ou environnées d'une simple bande; et si l'on y place quelques bas-reliefs, ils doivent être creusés dans le mur et n'avoir aucune saillie au dehors.

Symétrie et variété.

La symétrie, qui est une dépendance nécessaire de la régularité, veut, 1° que tous les objets soient placés avec ordre et distinction; 2° qu'ils soient bien alignés; 3°. que les espacemens soient exacts et réguliers; 4° qu'on fasse correspondre au milieu d'une façade l'objet le plus apparent, soit par sa grandeur, soit par sa richesse; 5° que les objets distribués des deux côtés se correspondent exactement, soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par le même éloignement du centre, soit par les mêmes formes, soit enfin par les mêmes dimensions; 6° que les divers objets superposés se trouvent sur les mêmes lignes verticales.

La symétrie n'exclut point une certaine variété, pourvu qu'elle s'accorde avec la simplicité et avec toutes les autres convenances. L'architecte ne doit point se livrer aveuglément à son imagination; mais il ne doit point non plus l'empêcher d'agir lorsqu'elle est guidée par la raison. Un grand objet dénué de variété pourra surprendre au premier abord, mais il finira par ennuyer; car tout le monde sait que l'ennui est fils de la monotonie.

La simplicité veut des repos; la variété les exige de même. Ces deux convenances sont également ennemies de la confusion; car la variété en particulier ne peut briller si les objets n'excitent des sensations claires et distinctes.

La variété est souvent exigée par les autres convenances. Ainsi, dans un grand édifice, par exemple, il faut qu'il y ait une progression de richesse proportionnée à l'importance des lieux. Il est évident que, dans un appartement, les salles doivent être plus ornées que les antichambres; dans une église, le sanctuaire doit être plus magnifique que les nefs.

On éprouve un grand plaisir lorsqu'en parcourant un grand édifice, on rencontre des objets qui, en augmentant de grandeur, d'élégance et de richesse, réveillent continuellement l'admiration et empêchent qu'en s'évanouissant elle ne laisse un libre accès à l'ennui; ce qui arriverait sans doute si tous ces objets avaient une trop grande ressemblance et qu'ils fussent également riches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Unité et correspondance des parties.

Les productions de l'Architecture, ainsi que celles de la poésie et des beaux arts en général, veulent l'unité et la correspondance des parties, c'est-à-dire la subordination des parties à l'ensemble et leur corrélation réciproque.

Ainsi, quand un édifice aura des compartimens petits et mesquins, il sera défectueux; de même qu'il sera ridicule quand quelques-unes de ces parties auront des dimensions colossales et hors de proportion avec l'ensemble. Il faut savoir saisir un juste milieu, et se laisser guider par un jugement sain et par l'examen critique des meilleurs monumens.

La correspondance des parties exige que sur une même ligne il n'y ait qu'un seul ordre de colonnes et de pilastres, et que de petites colonnes ne soient point entremêlées avec de colossales, comme on le voit trop fréquemment.

On devrait aussi éviter le défaut qu'on observe dans la façade des Tuileries, dont le pavillon du milieu a des colonnes à tous les étages, tandis que les autres pavillons ont un seul ordre qui s'élève du rez-de-chaussée jusqu'au toit : ainsi, cette grande façade manque d'unité. On ne peut excuser ce défaut en disant qu'elle a été faite à plusieurs reprises et en divers siècles. Les architectes qui ont été chargés d'augmenter successivement ce palais, auraient dû ou changer entièrement sa décoration extérieure, ou adopter le style que le premier constructeur avait choisi.

L'unité et la correspondance des parties exigent en outre que dans un édifice les membres de même nature conservent les mêmes proportions. En effet, si les proportions d'une ouverture ou d'un entre-colonnement satisfont la vue, il est évident que les parties correspondantes qui auront d'autres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

proportions sembleront comparativement ou trop lourdes ou trop élancées, et le défaut sera d'autant plus sensible que les objets analogues seront plus rapprochés et qu'il y aura plus de différence entre les rapports qui constituent leurs proportions.

Le vice de correspondance que nous venons de signaler est un de ceux qui apportent plus de difformité aux constructions gothiques et à celles qui datent de l'époque de la renaissance des Arts ; car on s'est occupé à corriger les accessoires avant d'adopter la réforme des proportions principales.

Les lois de l'unité prescrivent que l'extérieur concorde autant que possible avec l'intérieur; c'est-à-dire que l'un et l'autre aient un caractère analogue qui soit en harmonie avec le style adopté et avec la destination de l'édifice. Il est rare cependant de trouver des façades qui aient cette prérogative ; c'est surtout aux façades d'églises que l'on observe plus fréquemment le défaut opposé à ce précepte. Le contraste entre l'extérieur et l'intérieur est surtout choquant aux églises gothiques auxquelles on a voulu adapter une façade moderne, comme on en voit un exemple frappant à l'église de Saint-Eustache à Paris.

Un édifice, quelle que soit son espèce, doit avoir un caractère distinctif, ou de gravité, ou d'élégante simplicité, ou de magnificence, qui doit dériver de l'usage auquel il est destiné; tous ses membres, tous ses ornemens doivent avoir ce même caractère, sans quoi l'édifice n'aura pas l'unité requise. Cela ne signifie pas que toutes les parties de l'édifice doivent être ornées également et uniformément; il faut au contraire que quelques-unes surpassent les autres en grandeur et en richesse; l'Architecture, ainsi que la Peinture, veut des oppositions et des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

clair-obscurs, pourvu cependant qu'ils ne détruisent jamais ni l'harmonie ni l'unité.

Des proportions.

L'art des proportions est une des branches les plus importantes de l'Architecture; ses vrais principes sont encore inconnus; les uns ont voulu les dériver géométriquement, d'autres ont affirmé que les rapports qui, dans la Musique, produisent des sons harmonieux, sont ceux qui satisfont également la vue quand ils sont appliqués aux membres d'Architecture. Plusieurs ont cru trouver dans le corps humain des proportion sapplicables aux ordres d'Architecture. Toutes ces opinions sont purement idéales et ne sont basées sur aucune démonstrations olide. L'observation des beaux monumens antiques est encore la seule maîtresse de cet art.

Ce ne fut qu'après avoir observé attentivement, mesuré et comparé ces monumens que *Serlio*, *Philibert Delorme*, *Vignola*, *Palladio*, *Scamozzi* et quelques autres architectes, choisirent et fixèrent les proportions qui leur semblèrent les plus parfaites pour chaque ordre en particulier et pour les autres membres d'Architecture. Ces auteurs célèbres ne sont pas toujours d'accord entre eux. Vignole veut, par exemple, que les entablemens de tous les ordres aient en général une hauteur égale au quart de celle des colonnes, tandis que Palladio et Scamozzi fixent cette hauteur au cinquième. Chacun de ces fameux architectes peut citer en faveur de son opinion plusieurs monumens antiques très estimés. Cette divergence n'est pas assurément la seule que l'on retrouve en étudiant les ouvrages de ces grands maîtres.

L'architecte qui veut acquérir l'art des proportions, doit étudier avec impartialité les ouvrages que nous venons de citer,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les comparer entre eux et avec les monumens. Les œuvres de Roland-Fréart de Cambrai, de François Blondel et de Desgodets, lui faciliteront cet examen. Mais l'étude la plus profitable est celle d'observer en nature les proportions des monumens célèbres qui abondent en Italie plus qu'ailleurs. Il faut avouer que les livres et les gravures ne peuvent suppléer qu'imparfaitement aux connaissances qu'on acquiert par la vue de ces monumens; car quelque exactes, quelque parfaites qu'on suppose les descriptions et les représentations graphiques, elles ne pourront jamais produire des impressions aussi fortes et aussi durables que les objets mêmes.

Lorsqu'après avoir fait un choix raisonné de proportions, on voudra en faire l'application à un édifice, on doit avoir égard à l'emplacement que chaque objet doit occuper et aux altérations que les effets d'optique peuvent y produire. Il faut en général que ces objets, vus à la distance convenable, semblent avoir les mêmes rapports de dimension que l'on aura adoptés. Il est évident que si l'on suppose que les objets dont nous parlons prennent une autre position plus éloignée ou plus rapprochée, plus haute ou plus basse, ces mêmes rapports devront éprouver des modifications analogues, qui d'ailleurs exigent beaucoup de prudence et de discernement.

Des convenances particulières.

Les convenances particulières dépendent de la destination que doit avoir un édifice déterminé, et de l'emplacement qu'il doit occuper.

Convenances qui dépendent de la destination d'un édifice.

Chaque espèce d'édifice a une essence distincte qui dérive de l'usage auquel il doit servir. Ainsi, la grandeur, les formes, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

distribution de toutes les parties, doivent se référer à cette essence. Par exemple, l'essence distinctive d'une salle de spectacle est que, dans un espace donné, elle puisse contenir le plus grand nombre d'individus, que tous soient placés commodément, de manière à pouvoir bien entendre et bien voir, et enfin que l'entrée, la sortie, la circulation, puissent s'opérer librement et sans confusion. Ainsi, si l'une de ces conditions principales est négligée, le plan sera vicieux. Le même raisonnement s'applique également à toutes les autres espèces d'édifices.

Avant de tracer un plan il faut donc analyser avec le plus grand soin toutes les conditions exigées pour la destination de l'édifice; car si l'on ignore ou si l'on oublie une seule de ces conditions, il en résultera nécessairement des erreurs plus ou moins graves dont le remède sera souvent difficile, s'il n'est impraticable.

Il faut non-seulement que la distribution principale remplisse toutes les conditions susdites, mais il faut aussi que toutes les parties subalternes, que les ornemens mêmes coopèrent d'un commun accord à annoncer et à remplir l'objet pour lequel on a entrepris l'érection d'un édifice.

Ainsi une résidence royale doit porter dans son ensemble et dans ses parties individuelles le caractère de la grandeur et de la magnificence inhérentes au monarque qui doit l'habiter. Un temple doit, par sa noble et majestueuse simplicité, inspirer le respect et le recueillement. Un théâtre, un lieu de récréation doit, par l'élégance et la nouveauté des formes, par la légèreté et la variété des ornemens, occuper agréablement l'esprit. Un monument destiné à transmettre à la postérité les souvenirs des évènemens mémorables et les hauts faits des héros, devrait, indépendamment de l'inscription, indiquer ce qu'il doit exprimer. En un mot, un édifice d'une nature

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelconque doit avoir complètement le caractère qu'exige son but particulier.

Ce principe, tout évident qu'il est par lui-même, éprouve de fréquentes transgressions. On remarque dans plus d'une église catholique, la frise de l'ordre dorique ornée de têtes de bœufs décharnées qui étaient un des emblèmes des sacrifices usités par les païens. Nous voyons souvent sur les maisons de simples particuliers des trophées militaires, comme si c'étaient les habitations de vaillans guerriers. Une foule d'inconvenances du même genre se rencontrent dans un grand nombre d'édifices.

Il est un autre abus des plus tenaces, quoique très condamnable; c'est celui de donner aux personnages que l'on représente sur les monumens, des costumes qui diffèrent entièrement de ceux dont ils ont fait usage. Par cette manie on trompe la postérité et l'on offense notre siècle. Comment serions-nous parvenus à connaître les coutumes et les usages des peuples qui nous ont précédés, si, comme nous le faisons, ils eussent démenti, sur les monumens, le caractère et les usages de leur époque.

La colonne Trajane à Rome est précieuse, non-seulement parce que c'est une œuvre accomplie de l'Architecture et de la Sculpture, mais aussi parce qu'elle nous offre des instructions nombreuses et authentiques sur les manières de s'habiller, de s'armer, de faire la guerre, usitées dans ce temps.

L'abus dont nous nous plaignons est d'autant plus vicieux, que, par un étrange contre-sens, on amalgame souvent le costume grec et romain avec quelques parties de l'ajustement moderne.

Quelle est donc la cause de cette inconvenance si fréquem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment répétée, malgré que de grands artistes nous aient démontré avec succès qu'on peut très bien s'en abstenir?

En quoi la forme de nos fusils, de nos canons, de nos drapeaux, est-elle inférieure aux balistes, aux arcs, aux carquois, aux lances et aux enseignes romaines? Mépriserions-nous tellement les formes de toute espèce que notre siècle a adoptées, pour avoir honte de les faire connaître à nos descendans?

La vraie cause de cet abus dérive de l'habitude de se traîner servilement sur les traces des anciens. Quelques artistes croient ne pouvoir rien faire de bon, s'ils ne copient en tout les Grecs et les Romains.

Sans doute, l'artiste doit puiser avec discernement dans les restes précieux que le temps a bien voulu conserver pour son instruction, et il pourra adopter tout ce qui peut être convenablement appliqué à ses propres productions; mais il ne doit pas copier matériellement, comme un élève qui imite le modèle que le maître lui a donné.

L'architecte qui veut produire de belles choses doit-être lui-même le critique le plus sévère de ses propres dessins; et il ne doit rien admettre définitivement sans avoir soumis à un examen rigoureux le motif qui lui a suggéré ce parti, et avoir reconnu qu'il n'offense aucune convenance.

La qualité et la couleur des matériaux doivent aussi être appropriées à la destination de l'édifice. Un monument funèbre, par exemple, exige des matériaux très durables et des couleurs obscures; au contraire les salles de société, les lieux des récréations, aiment des couleurs gaies, brillantes et variées: les peintures mêmes doivent être soumises à cette loi de convenance; ainsi on ne doit point figurer de métaux là où ils ne sont pas convenables, de même que l'on ne doit point donner l'appa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rence du marbre aux objets qui raisonnablement doivent être de bois.

Nous devons faire observer en outre que, lorsqu'on est libre de choisir des teintes et des nuances, il faut avoir égard aux effets d'optique. Tout le monde sait que des couleurs fortes semblent rapprocher un objet, et qu'à l'opposé les couleurs légères et vaporeuses produisent l'effet contraire. Il faut aussi que les teintes soient harmonieuses, et il faut éviter de sculpter des ornemens fins et délicats dans les marbres ou les autres matériaux qui auraient des couleurs obscures et mélangées, parce qu'on ne les distinguerait pas avec netteté et qu'ils ne produiraient que confusion.

Convenances dépendantes du local.

Le plan d'un édifice doit être subordonné au local qu'il doit occuper. Les grandes constructions, ainsi que celles destinées à être vues de loin, doivent être divisées en grandes masses bien distinctes; les petits détails, les ornemens délicats sont déplacés dans ce cas; ils ne peuvent être appliqués convenablement qu'à un édifice de médiocre grandeur et destiné à être vu de près.

Les ornemens doivent avoir, en général, des formes plus mâles et moins recherchées à l'extérieur qu'à l'intérieur. On doit éviter d'en faire usage dans les lieux qui ne sont point abrités. Les situations qui leur conviennent le plus sont celles qui se trouvent dans les renfoncemens et immédiatement au-dessous des parties saillantes. Les anciens ont mis beaucoup de discernement dans la collocation des bas-reliefs et des autres ornemens qui décoraient leurs édifices. Ils les plaçaient dans les timpans des frontons, dans les frises des entablemens, parce que dans les uns et dans les autres ils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étaient également défendus par les corniches qui les couvraient immédiatement. Par la même raison, les soffites des corniches étaient richement décorées de modillons et de rosaces. Les soffites des péristyles, les archivoltes des arcades, étaient aussi décorées avec magnificence.

Les massifs qui supportent ou qui semblent supporter de grandes charges doivent avoir un caractère de simplicité et de gravité. Ainsi le soubassement d'un édifice sera, en général, moins orné que le haut, parce qu'il doit offrir l'aspect d'une plus grande solidité.

La convenance que tous les objets doivent avoir avec le lieu qu'ils occupent sera telle, qu'il n'y en aura aucun qui ne puisse l'occuper raisonnablement. En conséquence les frontons ne seront convenables (comme nous l'avons déjà dit) que dans les emplacemens où ils peuvent indiquer un toit, ou bien au-dessus des objets qui doivent être mis à l'abri de la pluie; ainsi ils ne pourront être placés dans les intérieurs. Cependant on met actuellement des frontons partout, sans s'inquiéter s'ils sont convenables ou non; ainsi on les adapte aux portes intérieures, aux *rétables* des autels, et jusqu'aux petits tabernacles de ces mêmes autels.

On fait un emploi encore plus abusif des ordres d'Architecture, parce qu'il est bien difficile de persuader aux artistes cette maxime, que *la chose la plus belle devient défectueuse lorsqu'elle est employée avec inconvenance.*

L'abus des ordres est d'autant plus intolérable que l'on se permet d'en altérer les formes et les proportions de la manière la plus arbitraire; altérations qui ne se distinguent de celles qu'on se permettait dans les siècles les plus barbares que par une exécution plus soignée et des accessoires d'un meilleur choix.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les inconvenances que l'on commet dans la décoration des voûtes et des plafonds ne sont pas moins fréquentes. Les peintures et les sculptures qu'on y adapte devraient toujours représenter des sujets aériens, ou mieux encore des compartimens analogues à la structure de ces parties importantes des édifices, tels que ceux que nous avons indiqués page 207. Dans tous les cas, on doit éviter les décorations trop minutieuses, trop variées et trop surchargées de détails; car il faut se ressouvenir que la position du spectateur qui contemple une voûte ou un plafond est toujours incommode et devient pénible lorsqu'elle est de longue durée.

La distribution doit avoir égard surtout aux circonstances physiques. La salubrité, la lumière, la conservation des objets que l'édifice contiendra, sont des considérations trop importantes pour être négligées.

Il faut, autant que possible, élever le niveau du rez-de-chaussée au-dessus du sol. Cette élévation produit le double avantage d'éviter l'humidité et de donner plus de majesté à l'édifice.

Les temples antiques s'élevaient sur un soubassement continu, ainsi qu'on le voit pl. XVIII, fig. 4 et pl. XVI, fig. 3. On a adopté cette même disposition dans un grand nombre d'églises modernes dont la façade est précédée d'un perron plus ou moins élevé. Les raffinemens du luxe et de la mollesse s'opposent jusqu'à un certain point à l'adoption d'un parti analogue pour les théâtres, les hôtels et les palais; car on exige maintenant qu'on puisse descendre de voiture à couvert. Cette exigence a été poussée quelquefois si loin, que pour y satisfaire l'on a masqué sans scrupule des riches façades par des tentes postiches, ou par des auvens qui, en couvrant une partie, y détruisent l'effet de l'ensemble.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il serait à désirer que tous les édifices importans pussent être isolés de toute part, et eussent devant eux un espace libre, proportionné à leur grandeur, qui permît de pouvoir les envisager du point de vue le plus favorable. Cette condition n'est pas moins favorable à la salubrité qu'au bel effet de l'édifice; car la circulation de l'air étant parfaitement libre, les miasmes impurs et méphitiques ne pourront y séjourner et seront dissipés à l'instant. Il n'y a d'ailleurs rien de plus désagréable que de voir un bel édifice enseveli dans une enceinte étroite, informe et malpropre, comme on en trouve des exemples dans la plupart des grandes villes. Il est des cas nombreux ou les démolitions sont plus nécessaires à l'embellissement des villes que de nouvelles constructions. Depuis une trentaine d'années, Paris a reçu de grands embellissemens de ce genre.

Une lumière abondante, introduite avec art, ajoute beaucoup au mérite des distributions internes. Les grandes salles, les galeries destinées pour les collections de toutes espèces, les bibliothèques, veulent recevoir la lumière du haut. Dans les églises et dans les grands salons on n'a pas ordinairement assez d'égard au mode d'éclairer les peintures et les sculptures qui les décorent; aussi il est rare qu'on puisse voir ces objets, souvent très précieux, d'une manière commode et avantageuse.

Les peintures posées entre deux fenêtres rapprochées ne peuvent, en général, produire l'effet dont elles sont susceptibles, parce que la lumière qui frappe directement le spectateur l'éblouit et l'empêche de voir distinctement l'objet qu'il a en face. Les fenêtres trop rapprochées du mur sont défectueuses, parce qu'en rendant visibles les aspérités de sa surface elles produisent un effet désagréable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toute espèce d'édifice doit avoir, relativement à sa grandeur, des dégagemens amples et commodes, des communications libres et fréquentes. Une circulation facile est nécessaire dans les édifices les plus simples, à plus forte raison elle est indispensable dans les monumens somptueux, et spécialement dans ceux qui admettent un grand nombre de personnes.

Dans la distribution des édifices on doit avoir soin de multiplier et de varier les points de vue, et de leur donner toute l'étendue et toute la beauté que la nature de l'édifice peut comporter. Les points de vue bien préparés et ménagés avec art ajoutent un grand prix à la belle distribution.

Les points de vue doivent présenter la plus grande surface et le plus grand éloignement possible. Il faudrait aussi, en couvrant artistement quelques parties, et masquant les extrémités, donner lieu à l'imagination du spectateur de s'étendre, et, par une agréable tromperie, attribuer aux objets qu'il admire une étendue et une magnificence apparente supérieures à la réalité. Les points de vue extérieurs doivent, en se combinant avec les intérieurs, coopérer à produire des effets aussi agréables que variés.

On doit supprimer tout ce qui n'étant point essentiel, pourrait nuire aux points de vue intérieurs ou extérieurs. Ainsi, par exemple, s'il s'agissait d'établir un édifice dans le pourtour d'une grande cour, il serait convenable de supprimer le corps de bâtiment qui regarde immédiatement ou la place ou la rue, et le remplacer par une grille ou par une colonnade à jour. L'ensemble de cet édifice présentera alors à l'œil une décoration à la fois plus variée et plus étendue.

Les points de vue doivent avoir la plus grande variété possible; ils doivent présenter une progression, ou d'élégance, ou de grandeur, ou de magnificence, qui, en stimulant la cu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

riosité, augmente sans cesse le plaisir de l'observateur. Ils doivent le placer entre le désir d'admirer de près les objets qu'il entrevoit, et le regret d'abandonner trop tôt ceux qu'il a sous les yeux.

Par ce que nous avons exposé dans ce chapitre, on voit que les convenances, soit générales, soit particulières, ont toutes pour but de donner aux édifices la solidité, la commodité, et la beauté que comporte son essence.

Les convenances dépendantes de la solidité seront satisfaites, 1° si l'on a saisi le juste milieu entre la hardiesse inconvenante et la lourdeur superflue; 2° si l'on n'a jamais perdu de vue les principes fondamentaux de construction, qui ont pour base les lois de la Mécanique et de la Physique; 3° lorsque l'on a prévu toutes les causes qui peuvent altérer, déformer et ruiner les édifices, et qu'on a employé tous les moyens que l'art suggère pour les affaiblir, quand on ne peut s'en affranchir entièrement.

Les convenances qui se rapportent à la commodité seront également satisfaites, 1° si l'édifice a toutes les qualités essentielles requises par sa destination; 2° si l'on a eu les égards exigés par les circonstances locales et physiques, pour éviter celles qui sont nuisibles, et tirer le parti le plus avantageux de celles qui sont utiles; 3° si toutes les parties ont les dimensions qui leur sont les plus favorables; 4° si enfin les communications et les dégagemens sont libres et commodes, et si chacune des parties qui favorisent la circulation, occupe l'emplacement qui lui convient le mieux.

Les convenances qui se réfèrent à la belle apparence des édifices et de leurs parties seront remplies, 1° si les proportions sont harmonieuses; 2° si la simplicité a été combinée avec la variété; 3° si les formes des objets sont agréables à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vue et parfaitement appropriées à leur but ; 4° si de nombreux points de vue présentent non-seulement la plus grande surface possible, mais font imaginer au spectateur plus qu'il ne voit en effet ; s'ils sont variés et présentent une progression d'objets intéressans.

Telles sont les conditions que la distribution des édifices devrait remplir en général ; mais elles sont, comme nous l'avons déjà dit, subordonnées à leur essence particulière. Voyons maintenant quelles sont les conditions exigées par chaque espèce d'édifices individuellement.

Les édifices qui font l'objet spécial de l'Architecture civile, peuvent se classer en sept genres, ainsi qu'il suit :

PREMIER GENRE. *Habitations*, qui se divisent en maisons bourgeoises, en hôtels et en palais. Chacune de ces trois espèces se subdivise de nouveau en habitations de ville et en habitations de campagne.

DEUXIÈME GENRE. *Édifices destinés aux amusemens publics.* Les théâtres, les amphithéâtres, les cirques, les naumachies, les salles de danse et de concert, les vauxhals, sont les principales espèces de ce genre.

TROISIÈME GENRE. *Édifices qui servent aux grandes réunions.* Les basiliques, les curies des anciens sont de ce genre, ainsi que les édifices modernes qui les ont remplacées, et qu'on désigne par le nom de tribunaux, de bourses, de chambres pour les corps législatifs.

QUATRIÈME GENRE. *Monumens destinés à l'instruction publique*, tels que les colléges, les universités, les académies, les bibliothèques, les collections de Physique, d'Anatomie, d'Histoire naturelle, les musées qui contiennent les chefs-d'œuvre de Peinture, de Sculpture et les antiques qui ont rapport aux objets d'érudition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUIÈME GENRE. *Édifices consacrés aux approvisionnemens, à la salubrité et sûreté publiques.* Ce genre contient les espèces suivantes : les marchés, les abattoirs, les entrepôts, les greniers d'abondance, les châteaux d'eau, les fontaines, les lavoirs et les égouts, les bains, les hôpitaux, les cimetières, les prisons, les maisons de correction, les corps-de-garde, les dépôts des appareils contre les incendies et les casernes.

SIXIÈME GENRE. *Monumens destinés à conserver la mémoire des hommes et des choses mémorables.* Les arcs de triomphe, les colonnes monumentales, les mausolées, appartiennent à ce genre.

SEPTIÈME GENRE. *Monumens consacrés au culte.* Ce genre renferme les églises et les nombreux accessoires qui les accompagnent.

Nous analyserons brièvement les principales conditions que chacun des édifices que nous venons de nommer doit remplir, et nous accompagnerons cette analyse d'exemples choisis parmi les monumens les plus accrédités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

Des habitations.

Le nombre des parties qui doivent composer les habitations varie suivant l'importance sociale des personnes destinées à les occuper; lorsqu'on connaîtra la distribution convenable aux habitations les plus grandes et les plus magnifiques, il sera facile de descendre par une progression décroissante à celle des habitations les plus modestes.

Avant d'examiner les parties en détail, occupons-nous des masses que doit présenter l'ensemble.

Forme du plan général.

Plusieurs motifs très importans concourent à rendre la forme rectangulaire préférable à toutes les formes courbes ou polygones, pour en former le périmètre d'une habitation, quelle que soit son espèce. Cette forme est en effet celle qui satisfait le mieux aux convenances que la solidité, l'économie, la régularité, la simplicité et la commodité exigent.

Elle satisfait mieux à la solidité parce que, 1° les murs principaux et les murs de refend, étant parallèles, résistent avec une égale uniformité sur toute leur étendue; tandis que la distribution des plans courbes ou polygones produit des efforts variables, exige des grosseurs également variables qui détruisent la régularité, diminuent l'espace et augmentent la consommation des matériaux; 2° les voûtes exercent uniformément leur poussée et sont en même temps d'une plus facile exécution; 3° les *poutres*, les *solives*, les *fermes* qui composent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les planchers et les combles, ayant des dimensions, des espacemens et des conformations exactement uniformes, remplissent mieux le double but de relier les murs et de supporter les charges qui leur sont imposées; réciproquement ces parties essentielles sont mieux affermies dans les murs, qui les soutiennent avec plus de force; 4° la liaison des murs, dans les angles, se faisant d'équerre, a la plus grande vigueur possible.

L'économie en éprouve un grand avantage. 1° Il est évident que la taille des pierres et la main-d'œuvre de murs en ligne droite sont, à égalité de circonstances, moins dispendieuses que celles des murs qui suivent en général le développement d'une courbe ou d'un polygone; 2° on épargne tous les matériaux absorbés par les grosseurs irrégulières des murs, des massifs et des voûtes; 3° on ne perd pas de l'espace inutilement.

La régularité, la symétrie et la simplicité y gagnent également. 1° Les divisions et les subdivisions se font toutes à angles droits; 2° la forme rectangulaire des parties permet de donner aux portes, aux fenêtres et aux cheminées des positions qui concilient la symétrie intérieure avec la régularité extérieure sans le secours des contre-murs obliques et des remplissages irréguliers; 3° les compartimens des panneaux, des voûtes, des planchers, peuvent recevoir cet accord, cette harmonie, cette distribution régulière et proportionnée qui en fait le mérite; et on évite au contraire les mutilations et les altérations de forme qui contrarient le goût et la raison.

Les convenances qui dépendent de la commodité sont intéressées non moins que les autres à l'adoption d'un plan rectangulaire. 1° La cage des escaliers étant également rectangulaire, on peut éviter l'usage des gradins obliques, aussi dangereux qu'incommodes, et dont on fait un trop fréquent usage à Paris;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° ce plan facilite l'introduction de la lumière dans les diverses pièces et le renouvellement de l'air, si nécessaire pour la salubrité; 3° les toits ayant des pentes régulières et uniformes, l'écoulement de l'eau se fait complètement et promptement.

Toutes ces raisons et plusieurs autres que nous pourrions ajouter, prouvent qu'un plan rectangulaire est le plus convenable pour les habitations, et qu'on ne doit se permettre d'en choisir un autre si les circonstances locales ne l'exigent impérieusement. Ainsi Milizia a grand tort de faire un crime aux architectes parce qu'ils préfèrent cette forme, et d'attribuer ce choix à la stérilité d'imagination.

Quasi tutte le nostre abitazioni, (dit cet auteur) *sieno case o palazzi, in città, o in campagna, sono di forme assai comuni, e senza invenzione. Un palazzo non è che un rettangolo, i suoi cortili rettangoli, sale rettangole, ed un centinajo di camere, di camerini, di gabinetti, tutte rettangolarmente da far morire di noja. Si potrebbe benissimo approfittare di qualcunque figura regolare, curva, retta e mistilinea si nel tutto, come nelle parti della distribuzione interna; e si avrebbe quella varietà, che tanto diletta. In campagna specialmente la varietà delle forme si rende più brillante et può giungere anche al singolare con dare alle abitazioni apparenze di spelonche, di capanne, di quadrupedi, di volatili, di navi e di altre bizarrie che diverebbero plausibili, e forse anche ragionevoli, quando fossero ben collocate e ben espresse. In Roma sul Gianicolo potrebbe piantarsi il cavallo di Troja e non il vascello di Giraud, il quale starebbe a meraviglia a Venezia, e alla S. Lucia a mare di Napoli.*

Il faut avouer qu'il est difficile de concevoir comment un homme de goût et de mérite comme Milizia ait pu émettre des idées aussi ridicules, des rêveries aussi extravagantes que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celles de donner aux maisons la forme des cavernes, des chaumières, des oiseaux, des quadrupèdes, des vaisseaux, et de planter sur le Janicule à Rome une maison de campagne représentant le cheval troyen. A la vérité, le comte Giraud a fait construire un palais hors de la porte S.-Pancrace à Rome, qui a quelque ressemblance avec la forme extérieure d'un vaisseau de ligne engagé parmi les rochers; mais cette bizarrerie n'a pas trouvé d'imitateur, a été blâmée par les hommes de goût, et elle serait certainement aussi inconvenante à Venise et à Naples qu'à Rome. C'est en laissant un libre essor aux écarts déréglés de l'imagination, c'est en s'affranchissant des entraves gênantes mais nécessaires des convenances, que l'on détourne l'art de son but, qu'on l'entraîne dans de fausses routes qui le conduisent de chute en chute à son anéantissement.

L'ouvrage de Milizia a eu un succès mérité en Italie, parce qu'en effet il contient de bonnes choses et il a contribué à déraciner plusieurs abus en les combattant vertement: mais Milizia, d'un caractère frondeur, a souvent enveloppé dans la même proscription des choses réellement abusives avec d'autres qui ne l'étaient pas; il a parfois outré les principes, et en a déduit de fausses conséquences, enfin il n'a pas assez bridé son imagination fougueuse. Voilà pourquoi les jeunes artistes doivent lire cet auteur avec précaution, et n'admettre les principes qu'il enseigne qu'après les avoir soumis à un mûr examen.

Un plan rectangulaire étant, comme nous l'avons démontré, le plus convenable pour une habitation quelconque, il en résulte que lorsqu'on est libre de choisir une figure rectangulaire plus ou moins alongée, on doit préférer le carré, parce que, 1° cette figure est, parmi les rectangles *isopérimètres* (qui ont le contour de même longueur développée), celle qui renferme le plus grand espace; 2° parce que, à chacune des faces, les murs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également éloignés des angles de retour, ont une même consistance. (Voyez ce que nous avons dit page 137.)

Lorsqu'on ne pourra donner au périmètre total du plan la forme carrée, il faudra faire en sorte que les cours et les autres divisions principales aient autant que possible cette figure.

Si l'on adopte un plan de figure carrée, la distribution principale pourra être disposée de plusieurs manières différentes :

1°. Quand la grandeur du plan est médiocre, on pourra le couvrir entièrement (pl. XII, fig. 7); alors une salle éclairée par le haut occupera le centre, ainsi que Palladio l'a pratiqué dans plusieurs maisons de campagne des environs de Vicence.

2°. Lorsque l'édifice est vaste, il doit avoir au moins une cour, soit pour faciliter l'éclairage des pièces, soit pour plusieurs usages domestiques que nous expliquerons progressivement. S'il n'a qu'une seule cour, elle peut être disposée de deux manières, c'est-à-dire, ou elle occupera le centre (pl. XII, fig. 8), et quatre corps de bâtimens l'enveloppperont de tous côtés; ou bien (pl. XII, fig. 9) elle sera ouverte dans la partie antérieure, et trois corps de bâtimens en formeront le pourtour.

3°. Quand un édifice carré doit avoir deux cours, si l'on enveloppait ces cours de bâtimens de tous les côtés, elles seraient disproportionnées et auraient une longueur excessive en comparaison de la largeur; voilà pourquoi il sera plus convenable de laisser à chacune un côté ouvert, ainsi que la fig. 10 l'indique.

4°. On peut renfermer quatre cours égales dans un carré (fig. 11). Ce parti a été adopté par Vanvitelli dans le grand palais de *Caserta,* appartenant au roi de Naples.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'édifice est carré et n'a qu'une seule cour, nous préférons qu'elle soit ouverte du côté de la rue ou de la place sur laquelle l'édifice est situé, parce que les points de vue extérieurs et intérieurs acquerront plus d'étendue et plus de variété. Une grille, un portique, un péristyle ouvert avec un arc dans le milieu, fermeront l'entrée de la cour et embelliront les points de vue sans les limiter.

La forme rectangulaire alongée comporte aussi plusieurs distributions différentes : 1° l'édifice peut être entièrement couvert (fig. 12) ; 2° il peut contenir deux cours et avoir pour façade ou un de ses petits côtés (fig. 13), ou un de ses grands côtés ; 3° il peut avoir trois cours (fig. 14) ; 4° il peut en avoir cinq (fig. 15).

Facades.

Nous nommerons simples les façades en ligne droite, qui ont une hauteur uniforme et qui n'ont point les parties saillantes que l'on appelle *avant-corps ;* telles sont les façades de la plupart des maisons et des hôtels qui, donnant sur la rue, doivent en suivre l'alignement.

Les façades simples sont de trois espèces : 1° elles n'ont aucune autre décoration que celle qui résulte des *chaînes,* des portes et des fenêtres ; 2° elles sont décorées d'arcades ouvertes ou fermées ; 3° des ordres d'Architecture en relief les décorent.

La plupart des palais de Rome ont des façades de la première espèce ; cependant plusieurs d'entre elles présentent un aspect imposant, plein de noblesse et de majesté, quoique des traces de mauvais goût se laissent fréquemment apercevoir dans les détails secondaires. Cet effet dépend de diverses causes : 1° de la grandeur de la masse totale, comparativement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au petit nombre de subdivisions qu'elle présente; 2° de la saillie forte et bien prononcée des corniches qui séparent les étages, et surtout de celle de l'entablement final; 3° des saillies correspondantes qu'ont les chambranles des croisées ornées de frontons et de riches moulures; 4° du large espacement et de la médiocre grandeur des fenêtres, comparativement à la hauteur des étages, laissant ainsi de grands espaces pleins et lisses, qui donnent à la masse un air de gravité et la font paraître plus grande qu'elle n'est en effet.

Une façade, quelle que soit son espèce, doit satisfaire aux convenances de la solidité réelle et apparente. Ces convenances veulent que les parties basses qui ont une plus grande charge à supporter présentent l'apparence d'une plus grande force. Ainsi les matériaux devront être plus volumineux et plus durs, le mur devra avoir un plus grand empatement, les saillies seront moindres, les ornemens seront plus simples et d'un caractère plus grave. Les parties basses étant exposées à des chocs et à des frottemens, on doit choisir les formes que ces causes altèrent le moins.

Conformément au principe que nous venons d'exposer, les façades qui ont des arcades au rez-de-chaussée devraient en avoir aux autres étages, sauf à rétrécir, par des remplissages, les ouvertures des étages supérieurs autant qu'il le faudra. Si l'on adopte tout autre parti, la façade, étant plus évidée dans la partie qui exige plus de force, présentera un contre-sens en opposition avec la solidité apparente, et ce contre-sens sera d'autant plus sensible que les ouvertures supérieures seront petites comparativement aux arcades.

Il faut aussi qu'il y ait de l'harmonie entre la grandeur des ouvertures placées aux divers étages. Nous devons avouer que les constructeurs parisiens ne cherchent pas toujours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à procurer ce genre de mérite aux édifices qu'ils érigent. Une grande porte cintrée au rez-de-chaussée ou d'énormes arcades servent souvent de soubassement à des étages très peu élevés, et dont les fenêtres, prises individuellement, n'ont en surface que la huitième ou la dixième partie de la porte ou des arcades.

On voit sur la place du Châtelet un exemple de ce défaut d'harmonie, qui produit un effet très désagréable ; on y a construit récemment une maison dont les premiers étages, ayant de grandes arcades, sont surmontés de petites ouvertures contiguës qui marquent le troisième étage. Ces contrastes choquans sont d'autant plus répréhensibles qu'il est presque toujours facile de les éviter.

On ne doit point oublier non plus que les encoignures des édifices contribuant puissamment à leur force, on doit éviter de les affaiblir et de placer les fenêtres trop près d'elles. L'irrégularité dans l'espacement des fenêtres n'est tolérable que lorsqu'elle est motivée par des raisons majeures, évidentes et inévitables.

On pourra, dans plusieurs cas, décorer la façade par des ordres d'Architecture en relief, pourvu qu'on sache toujours leur donner l'apparence d'utilité résultant de leur destination primitive, qui est de servir de contre-forts et de chaînes, comme nous l'avons expliqué page 150. On rendra cette décoration inconvenante toutes les fois que des dispositions vicieuses contrediront cette apparence essentielle; ce qui arriverait, par exemple, si l'on mutilait les entablemens, si on altérait capricieusement leurs formes et leurs dimensions.

Plusieurs palais de Venise présentent des ordres d'Architecture aux divers étages; une disposition analogue se voit au pavillon central des Tuileries, érigé sur les dessins de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Philibert Delorme; et à la cour du Louvre, dont le dessin primitif est dû à Lescot, abbé de Cluny.

Ce parti ne produit un bon effet que lorsqu'il est appliqué aux palais dont les étages peu nombreux sont très élevés; mais il devient mesquin si on l'applique à des maisons qui ont plus de trois étages, et dont chaque étage, par compensation, n'a qu'une petite élévation. La décoration la plus simple et la moins ornée est celle qui convient le mieux à ces bâtimens, dont l'ornement doit résulter uniquement de la régularité, de l'harmonie des proportions et de la belle exécution.

Plus les ordres qui décorent une façade auront de saillie, plus ils produiront d'effet. La simplicité des fenêtres et des autres objets placés dans les entrecolonnemens contribuera aussi à leur donner plus d'éclat. Un ordre d'Architecture occupant incontestablement la première place parmi les objets de décoration qu'on peut appliquer à un édifice, il faut raisonnablement qu'il prédomine sur tous, et que réciproquement tous lui soient subordonnés. Ainsi on devra éviter un défaut qui est très sensible dans la cour du Louvre; c'est que les chambranles des fenêtres, trop ornés, trop saillans, trop volumineux, disputent la prééminence aux ordres dans lesquels ils sont enclavés; et ils font paraître ces ordres d'autant plus grêles et mesquins que les fenêtres sont très grandes, et que l'entablement de ces fenêtres, très rapproché de celui de l'ordre, a à peu près les mêmes dimensions.

En général un seul ordre forme une décoration qui convient mieux à la façade d'un hôtel ou d'un palais. Mais cet ordre ne doit occuper que la hauteur d'un grand étage, ou d'un étage et d'un entresol. Le rez-de-chaussée formera le soubassement de l'ordre, et sera ou lisse ou orné de refend. La simplicité et la gravité de ce soubassement lui donnera le caractère de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solidité qui lui convient, et rehaussera l'éclat de l'ordre. Perrault a fait preuve de goût et de perspicacité en donnant au rez-de-chaussée de la magnifique colonnade du Louvre, la forme d'un soubassement lisse. L'on pourra se convaincre de la bonté du parti que cet architecte célèbre a adopté, en comparant la colonnade du Louvre à celle du Garde-meuble sur la place Louis XV, qui en est une imitation. On a eu la prétention de corriger cette œuvre d'un génie supérieur, laquelle, comme toutes les productions humaines, n'est point exempte de défauts ; ces défauts sont cependant de telle nature, qu'ils diminuent la perfection des parties, sans détruire l'admirable beauté de l'ensemble.

Le rez-de-chaussée des façades de la place Louis XV, est formé par un portique à jour, dont les piliers, un peu grêles, semblent être le prolongement des colonnes supérieures, de sorte que l'ensemble, ayant trop de vide, n'offre pas cet aspect satisfaisant de solidité apparente que l'on admire au Louvre. De plus le portique inférieur, présentant des renfoncemens et des effets d'ombres analogues à ceux du péristyle, amortit nécessairement l'effet que celui-ci doit produire; au lieu que le péristyle de Perrault frappe fortement l'attention du spectateur, parce que (la simplicité des parties basses ne donnant point lieu à la distraction) elle est concentrée et pour ainsi dire absorbée par l'éclat imposant de cette partie magnifique.

Lorsqu'une façade a une grande étendue en ligne droite, les *avant-corps* produisent une variété agréable, et forment en même temps des espèces de contre-forts qui augmentent la stabilité de l'édifice. (Voyez ce que nous avons dit page 137.)

Les avant-corps proportionnés, en nombre, en grandeur, à l'étendue de la façade, ne doivent point être trop rapprochés ; car alors la variété dégénérerait en confusion, les parties

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perdraient leur majesté par une trop grande subdivision; de plus ils masqueraient trop fréquemment la vue intérieure.

Si l'étendue du bâtiment n'est pas extraordinaire, un seul avant-corps pourra suffire; cet avant-corps, en occupant le milieu de la façade, ainsi que la fig. 3, pl. XIX, l'indique, permettra d'établir un grand salon d'apparat; et étant orné d'un péristyle, il formera un balcon couvert qui ornera avec élégance la partie centrale, et produira de la variété sans interrompre la continuation des lignes.

Une façade plus étendue comporte trois avant-corps, dont deux aux ailes, ainsi qu'on le voit fig. 2. L'avant-corps du milieu, plus élevé, peut recevoir une voûte cintrée, et les deux latéraux des frontons.

La fig. 1 représente une façade pyramidale, dont le pavillon du milieu s'élève au-dessus des deux parties latérales, qui sont elles-mêmes plus élevées que les ailes des extrémités. Ces ailes n'ont point de combles et forment des terrasses qui se trouvent dans le prolongement des appartemens.

On peut varier de plusieurs autres manières la disposition des avant-corps et des pavillons; quelquefois on donne à la saillie de l'avant-corps du milieu une forme demi-circulaire, formée par la moitié du contour d'un salon circulaire, dont les fenêtres jouissent ainsi d'une vue plus étendue. (Pl. XIX, fig. 2.) On voit à Paris un pavillon de cette espèce à l'hôtel de Salm, du côté du quai.

Quelle que soit la disposition des avant-corps et des pavillons, il faut les employer avec modération, parce qu'ils occasionnent une plus forte dépense, et on doit faire en sorte qu'ils aient toujours un caractère bien marqué d'utilité et de convenance.

Les péristyles qu'on adapte aux façades peuvent avoir deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

buts: le premier, de former un grand balcon couvert; le second, de servir de devanture à une *loge* (loggia). Les *loges* que l'on voit dans les beaux édifices d'Italie ne sont autre chose qu'un salon richement orné, dont le devant (ouvert) est décoré de colonnes. Les anciens ont fait usage de ces sortes de loges. En examinant attentivement les ruines du Colisée, j'ai reconnu dans l'intérieur de ce grand monument l'emplacement de deux magnifiques loges où l'empereur se plaçait quand il assistait aux spectacles aussi cruels que pompeux qu'on célébrait dans son enceinte.

Chacune de ces loges avait 31 pieds de long, 9 de largeur et 9 de hauteur; un péristyle de colonnes cannelées en marbre dit *Pavonazetto* décorait la façade; la *soffite* de la loge était en marbre blanc, dont les compartimens renfermaient des ornemens en bronze doré. Les parois de la loge étaient revêtues d'un placage en marbre précieux de couleur; des dalles de marbre blanc formaient le pavé. L'on entrait dans la loge par deux portes latérales.

Parmi les débris épars dans l'intérieur du Colisée, on voit, 1° plusieurs fragmens des colonnes susdites, dont les cannelures sont remarquables; 2° des portions de la soffite dans lesquelles on observe les traces des ornemens de bronze; 3° quelques petites parties du placage qui sont encore adhérentes au mur.

L'exemple que nous venons de citer fait connaître avec quelle magnificence les anciens décoraient les loges. Palladio, qui a suivi leurs traces avec un discernement exquis, a souvent appliqué à ses admirables fabriques, des loges dont la richesse et l'élégance se combine avec la beauté des proportions.

Les loges donnent le moyen d'adapter le plus économique-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment possible des péristyles aux façades; car n'étant autre chose qu'un salon dont on a supprimé le mur correspondant à la façade pour y placer des colonnes, l'on économise les gros massifs qui servent ordinairement de supports aux péristyles saillans.

Le péristyle d'une loge étant profond, il en résulte que de fortes ombres rendent son effet plus frappant.

Les loges sont très convenables en Italie, mais elles le sont moins en France, par la différence du climat; on peut cependant les employer dans les maisons de campagne qui ne sont fréquentées que pendant la belle saison, et dans les grands hôtels qui admettent des appartemens d'été et des appartemens d'hiver.

Cours.

Les palais, les hôtels ont plusieurs cours qui servent à divers usages. La cour principale, dont la grandeur et la décoration doivent être en harmonie avec l'ensemble de l'édifice, sert pour le stationnement des voitures; les autres cours sont réservées spécialement pour les usages domestiques, et elles sont environnées par les écuries, les remises, les cuisines, les offices, la buanderie. Les cours secondaires que nous venons de nommer se désignent plus particulièrement par le nom de *basse-cour*. Dans ces cours tout ornement fastueux serait inconvenant et ridicule. Il n'en est pas de même de la cour principale, qui peut admettre une riche décoration.

A Milan et dans plusieurs villes d'Italie qui, par leur position, sont à portée de se procurer aisément de gros blocs de granite ou de marbre à des prix modérés, on voit un grand nombre de cours décorées de portiques à colonnes monolithes isolées; par la dureté de la matière elles présentent autant de solidité que d'élégance. Ordinairement deux portiques super-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés occupent toute la hauteur du bâtiment, et à chacun des portiques correspond un étage et un entresol, et quelquefois un seul étage très élevé. Parmi les beaux portiques de ce genre, on distingue spécialement à Milan ceux du séminaire, du collége helvétique, du grand hôpital, du palais des beaux-arts, etc.

C'est avec raison que l'on s'est limité à la superposition de deux portiques, malgré que la plupart de ces édifices aient 60 ou 80 pieds de hauteur; ayant ainsi de fortes dimensions, ils produisent un effet plus imposant. Ces portiques offrent des promenades couvertes très agréables et servent de dégagement aux diverses pièces des appartemens.

Dans plusieurs édifices, le second rang des portiques est garni de remplissages dans lesquels sont contenues les fenêtres des étages supérieurs; le portique du rez-de-chaussée restant ouvert facilite la circulation, et offre un abri aux cochers et aux domestiques des personnes qui visitent la maison.

Les portiques dont nous venons de parler ainsi que les loges sont moins appropriés au climat de France qu'à celui d'Italie. Les portiques au rez-de-chaussée des cours peuvent être néanmoins d'un bon usage dans les édifices qui servent à l'habitation d'un grand nombre de personnes, tels que les casernes, les hôpitaux, les colléges, les communautés religieuses. La plupart des anciens couvens avaient de grandes cours environnées de portiques auxquels on donnait le nom de cloîtres.

Le plan général d'une grande habitation doit éprouver une foule de divisions et de subdivisions. Les divisions les plus importantes, et dont nous devons nous occuper en premier lieu, sont celles formées par les voûtes et planchers qui établissent les étages, et celles que les murs de refend, parallèles aux murs principaux, produisent; d'où résultent les portiques, les corridors et la distinction des appartemens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Etages.

L'étage inférieur se nomme *rez-de-chaussée*, parce qu'on le suppose au niveau de la rue ou de la chaussée. L'étage qui vient après, quoiqu'il ne soit que le second, suivant l'ordre naturel, se nomme toujours *premier étage*.

Des étages moins élevés que les autres deviennent souvent utiles, soit pour le logement des personnes qui ne sont pas assez opulentes pour occuper les grands appartemens, soit pour servir de magasins ou de dépôts. Les entresols se placent ordinairement entre le rez-de-chaussée et le premier; ils deviennent surtout utiles au-dessus des boutiques. Ils offrent aux marchands un logement modeste, d'où ils peuvent veiller à la sûreté de leur établissement tant de jour que de nuit.

Dans les palais et les grands hôtels, le premier étage a aussi son entresol, pour que les gens de service puissent, en couchant immédiatement au-dessus de l'appartement de leurs maîtres, les servir avec la plus grande promptitude; on établit, à cet effet, des corridors et des escaliers secrets.

Le rez-de-chaussée, malgré son nom significatif, devrait toujours être élevé au-dessus du sol, et cela pour éviter l'humidité, aussi nuisible à la santé qu'à la conservation des meubles. Cet exhaussement donne en outre la faculté d'éclairer les souterrains, et de leur donner une hauteur suffisante pour pouvoir y établir, indépendamment des caves, les gardes-manger et les cuisines, comme on le pratique dans les grands hôtels.

Les habitations grecques n'avaient que le rez-de-chaussée et le premier étage; souvent même le rez-de-chaussée n'était surmonté par aucune autre construction. Les maisons modernes, dans les plus grandes villes, présentent au contraire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un trop grand nombre d'étages. On voit dans les quartiers populeux de Paris des maisons dont l'élévation semble rivaliser avec celle des tours, et qui ont jusqu'à douze étages. Ainsi, les modernes ont poussé bien loin, et trop loin sans doute, l'art d'entasser les hommes dans un petit espace, à peu près comme les abeilles dans une ruche.

Il résulte de bien tristes inconvéniens de cette industrie abusive que l'avarice perfectionne continuellement. La salubrité en reçoit de funestes atteintes, surtout quand les rues sont étroites et tortueuses, et que les cours sont petites et encombrées; les vapeurs méphitiques qui se dégagent abondamment se trouvent alors renfermées de toute part et acquièrent de l'intensité par la concentration.

Plusieurs causes tendent à augmenter le dégagement de ces vapeurs nuisibles: 1° la saleté, inévitable dans un lieu qui contient une multitude d'individus de tout âge, lesquels, ou par défaut d'éducation, ou par insouciance, négligent presque toujours les soins et les précautions que la propreté exige; de sorte que les cours, les escaliers, les corridors, les latrines, offensent tout-à-la-fois l'odorat et la vue; 2° les écoulemens multipliés des lavoirs, des cuisines et autres, dont les conduits sont souvent engorgés, augmentent par leur stagnation l'activité du méphitisme. Ajoutez à cela le bruit incommode et continu, la perte de temps et le désagrément de monter à des hauteurs considérables par des escaliers étroits, obscurs et fatigans, et vous serez forcé de convenir que le pauvre laboureur, qui habite la plus chétive chaumière, est bien mieux logé que la masse du peuple dans les grandes villes; du moins il respire un air pur, et son sommeil n'est pas interrompu par un bruit assourdissant.

Les inconvéniens de l'accumulation dont nous nous plai-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gnons, deviennent encore plus graves dans les circonstances calamiteuses. Survient-il un incendie, il réduit au dénûment le plus affreux la multitude des pauvres créatures qu'il n'a pas ensevelies sous les décombres. Les maladies contagieuses trouvent dans cet amas d'individus un aliment funeste et un moyen prompt de se propager. Les tremblemens de terre (qui heureusement ne sont pas fréquens en France) agiraient avec la plus grande activité sur des constructions à la fois trop élevées et peu solides.

La vigilance paternelle des gouvernemens devrait réprimer cet abus, par de sages ordonnances qui limiteraient la hauteur des maisons et fixeraient le maximum du nombre d'individus qu'il serait permis de loger dans un espace déterminé. Comme une loi ne doit point avoir d'effet rétroactif, on devrait chercher tous les moyens d'affaiblir les mauvais effets résultans de l'accumulation actuelle, en élargissant les rues trop étroites et redressant celles qui sont tortueuses, en propageant autant que possible la méthode des latrines inodores, en exigeant que les tuyaux pour les écoulemens soient bien disposés et dûment entretenus.

La méthode grecque, et celle en usage chez les nations orientales, de ne donner aux habitations qu'une hauteur médiocre, est, à cet égard, bien préférable. Les maisons des gens riches, chez les Grecs, n'avaient que le rez-de-chaussée. Leur plan, rectangulaire, était divisé en deux principales portions, dont l'une, nommée *gineconitis*, servait d'habitation aux femmes; la seconde, réservée pour les hommes, prenait le nom d'*andronides*.

Les maisons chinoises ont un rez-de-chaussée et un premier étage; ce peuple, tenacement attaché à ses habitudes, est aussi constant à conserver les formes et les dispositions primitives

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des habitations, que celles des vêtemens. Il serait même dangereux de tenter des innovations à cet égard.

Les habitations des mandarins sont ainsi disposées : Une cour carrée occupe le centre; cette cour renferme une pièce d'eau environnée de rochers factices; des vases de porcelaine, contenant des fleurs et des arbustes, en décorent le pourtour. Des poissons dans la pièce d'eau, et des oiseaux à riches plumages, animent cette décoration à la fois simple et élégante.

Les façades extérieures ne présentent qu'un mur lisse qui n'a d'autres ouvertures que celles des boutiques et les portes d'entrées; aucune fenêtre ne se trouve de ce côté, elles regardent toutes vers la cour; des coquillages transparens remplacent les vitres.

Les murs sont en briques, les pavés en pierre ou en marbre coloré. Ces murs, à l'intérieur, sont couverts de papiers peints ou dorés, sur lesquels sont tracées particulièrement des inscriptions qui ont rapport à la religion ou à la morale.

Le rez-de-chaussée est distribué en plusieurs pièces qui ont ordinairement 24 pieds de longueur et 20 de largeur. L'étage supérieur contient une grande salle qui occupe toute la longueur de la maison; mais on peut la diviser à volonté, à l'aide de cloisons mobiles formées en guise de paravens. Elle est spécialement destinée au logement des étrangers.

Appartemens.

On dit qu'un corps de bâtiment est double lorsque sa largeur peut contenir deux appartemens adossés l'un à l'autre; on le nomme *demi-double* lorsque les pièces qui composent l'un des appartemens accolés, sont plus petites que les autres; on distingue enfin par le nom de *simple*, le bâtiment dont la largeur n'embrasse qu'un seul appartement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les palais et les grands hôtels contiennent plusieurs espèces d'appartemens. Ce mot *appartement* dérive du mot latin *partimentum* qui signifie *répartition;* il indique l'ensemble des pièces destinées au logement d'un individu ou d'une famille.

On appelle *appartemens de parade* ceux qui, ayant de grandes pièces ornées avec magnificence, servent aux grandes réceptions et aux cérémonies extraordinaires. Les vestibules, antichambres, salons, galeries, chambres et cabinets, qui composent un appartement de parade, doivent former de longues enfilades dont on augmente l'effet par de grands miroirs placés à dessein; et on a soin de disposer artistement des objets de décoration dans les cours et dans les jardins, lesquels, étant aperçus dans les positions les plus remarquables de l'intérieur, augmentent la richesse et la variété des points de vue.

La grandeur des pièces qui composent l'appartement de parade, la somptuosité de sa décoration, ne s'accordent pas toujours avec les commodités que les raffinemens de la délicatesse exigent, surtout pendant l'hiver; voilà pourquoi on dispose des appartemens moins étendus, élégans sans être aussi fastueux, et qui servent pour l'habitation privée du personnage qui occupe le palais, et de sa famille. Dans les bâtimens demi-doubles l'*appartement privé* ou *petit appartement* est adossé au grand, et les deux se communiquent. Mais de fréquens dégagemens, de nombreux escaliers secrets, des corridors disposés avec art, facilitent les communications et évitent les sujétions, sans interrompre la continuation des enfilades et sans nuire à la symétrie de chacune des pièces. Ces dégagemens, lorsqu'ils sont disposés avec goût, offrent le moyen de varier la forme des pièces à l'aide des cloisons légères dont ils sont formés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Indépendamment de la division des appartemens en grands et petits, dont les premiers portent le caractère de la magnificence, et les seconds offrent tous les raffinemens qui peuvent contribuer au bien-être et à la délicatesse de la vie, on distingue aussi des appartemens d'été et des appartemens d'hiver. Les premiers, tournés vers le nord et au rez-de-chaussée, ont de vastes pièces où l'air est rafraîchi par une douce ventilation. Les pavés, les parois du mur, sont revêtus de marbre, de mosaïque et de stuc. Des bassins et des fontaines jaillissantes ornent les salles; des *jardinières* élégantes et des vases en porcelaine et en cristal reçoivent les présens de Flore. Des vitrages colorés modèrent l'éclat de la lumière et produisent d'agréables reflets.

Les appartemens d'hiver, plus petits, sont tournés vers le midi, les fenêtres ont un double vitrage, les tuyaux de chaleur serpentent sous les parquets et dans l'épaisseur des murs. Des draperies élégantes ornent les murailles, des tapis couvrent les planchers, des *portières* en velours ou en tapisserie des Gobelins sont suspendues à toutes les portes.

L'appartement de la dame diffère aussi de celui du mari : ces deux appartemens doivent cependant être rapprochés et avoir des communications immédiates.

L'appartement de la dame sera orné avec plus d'élégance et de légèreté, celui du mari avec plus de pompe et de gravité. L'un contiendra de jolis boudoirs, des cabinets pour la toilette, un petit appartement pour les bains; le second aura des cabinets d'étude, des bibliothèques, des collections instructives d'objets d'art et d'érudition, une salle de billard, etc. Chacun de ces appartemens contiendra un vestibule, une salle d'introduction, une salle de réception, la chambre à coucher, précédée de son antichambre et accompagnée de ca-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

binets et d'un lieu à l'anglaise, ayant à côté ou au-dessus la chambre du valet ou de la femme de chambre. Les chambres à coucher des deux appartemens devraient être attenantes. La salle à manger, le salon de conversation, seront communs à tous les deux; mais chacun doit avoir ses dégagemens et ses escaliers particuliers.

Telles sont les pièces qui servent d'habitation au maître du logis et à sa famille. Une foule d'autres parties sont destinées aux usages du service, comme les écuries et remises avec leurs dépendances, les cuisines, les offices et tout ce qui en dépend. Parcourons brièvement ces divers objets.

Ecuries et remises.

Les écuries des palais sont accompagnées de nombreux accessoires, tels qu'une sellerie, un manége, une forge de maréchal-ferrant, des greniers, le logement pour les cochers, les écuyers, les palefreniers, les valets d'écurie et les diverses personnes employées au service relatif à cet objet.

Dans les édifices importans, les bâtimens qui composent les écuries et les remises doivent être disposés autour d'une cour particulière qui communiquera avec la grande cour; elle aura une entrée spéciale pour pouvoir exporter le fumier et faire les autres opérations que le service exige sans encombrer ni salir la grande cour.

Des fontaines, des abreuvoirs, des plantations, offrent des objets de décoration et d'utilité pour la cour des écuries, qui doit surtout être bien aérée. Si elle est très spacieuse, on pourra former dans le milieu un manége pour dresser et exercer les chevaux.

Les écuries seront placées de manière que les portes et fenêtres principales soient tournées vers le septentrion, et que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la lumière ne frappe pas directement la face des chevaux, dont la vue en serait offensée.

Les écuries doivent être propres, bien éclairées, fraîches, et la circulation de l'air doit y être bien établie ; elles seront voûtées et bien pavées. Quelques constructeurs conseillent de ne pas paver la partie immédiatement occupée par les chevaux. Quelle que soit la méthode que l'on adopte pour consolider le sol, on établira des pentes qui aboutiront dans un petit égout central couvert de distance en distance de pierres perforées, afin de favoriser l'écoulement des urines et entretenir ainsi la propreté, qui est essentielle pour le bien-être des chevaux.

Les palais ont ordinairement trois écuries séparées, la première pour les chevaux de carrosse, la seconde pour les chevaux de selle, la troisième pour les infirmes. Chaque cheval de carrosse exige un emplacement de 5 pieds de largeur, l'espace qu'un cheval de selle occupe est un peu moindre.

La longueur de cet espace, y compris la mangeoire, doit être de 8 pieds, il en faut autant pour le passage; conséquemment une écurie simple aura 16 pieds de largeur.

Les écuries doubles sont de deux espèces, les unes ont un seul passage dans le milieu ; elles occupent moins d'espace que les secondes, qui ont deux passages, et où les chevaux se regardent tête à tête. Les écuries doivent être assez élevées pour que le renouvellement d'air s'opère d'une manière convenable; mais il faut que l'élévation ne soit point trop forte, pour éviter le froid pendant l'hiver ; il suffit qu'elle soit un peu supérieure à la largeur.

Dans les grandes écuries, deux rangs de colonnes parallèles supportent une voûte à arêtes. L'entre-colonnement comprend deux ou trois places de chevaux. Cette méthode exige des murs moins épais et une moindre élévation que dans le cas où l'on adopte une voûte à berceau. Auprès des écuries

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doivent se trouver des magasins pour y déposer en bon ordre les harnois et les objets de sellerie. Les chambres des palefreniers n'en seront pas éloignées. La place la plus commode pour le dépôt des fourrages est le dessus de l'écurie, parce que, au moyen d'une trappe, on jette le foin immédiatement dans le râtelier; on peut aussi établir des tuyaux aboutissant à la mangeoire, pour y déposer l'avoine.

Le septentrion est l'exposition qui convient le mieux aux remises pour que le soleil ne puisse altérer le vernis des voitures. L'espace que doit occuper un carrosse est au moins de 21 pieds sur 9. On établira dans le pavé des *charrières* en bois qui faciliteront l'entrée et la sortie des voitures et les empêcheront de dévier de la place qui leur est destinée.

Cuisines.

Dans plusieurs hôtels les cuisines sont situées dans des souterrains, dont la voûte s'élève de quelques pieds au-dessus du niveau du sol, ce qui facilite l'introduction de la lumière.

Des palais plus considérables ont une cour affectée particulièrement aux cuisines, qui sont disposées tout autour. Les cuisines devront être voûtées, pour éviter les incendies; elles seront bien éclairées et suffisamment spacieuses.

On doit éviter soigneusement les exhalaisons méphitiques et nuisibles que produisent les cuisines, ou par défaut de propreté, ou par l'effet du charbon qu'on y brûle. Les Annales de l'industrie contiennent la description d'une cuisine disposée suivant la méthode de M. D'Arcet, qui est parvenu à supprimer, par la ventilation, les miasmes incommodes que la plupart des cuisines renferment habituellement. Les procédés dont il fait usage sont analogues à ceux qu'il a appliqués,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec le plus grand succès, aux ateliers des doreurs, et que nous avons indiqués page 293.

Dans la cuisine proposée par M. D'Arcet, les fourneaux et le four se trouvent placés sous l'âtre de la cheminée, qui est fort évasé et auquel sont suspendus des rideaux de toile ininflammable qui ferment plus ou moins l'ouverture de la cheminée sans empêcher la cuisinière d'agir. Un petit fourneau, dont on peut d'ailleurs tirer parti, favorise et assure la circulation de l'air. Des tables de marbre sont dans une cuisine un objet fort utile pour la propreté.

Une grande cuisine doit être accompagnée de plusieurs pièces, soit pour la préparation des pâtisseries, soit pour la confection des sucreries et des glaces qui composent le dessert; on désigne particulièrement par le nom d'*office* le lieu affecté à cet usage; à l'office sont annexées une distillerie et une étuve. Auprès des cuisines doit se trouver le logement des personnes attachées à ce service.

Les lavoirs sont aussi une dépendance des cuisines. On doit apporter le plus grand soin dans la construction des tuyaux qui en reçoivent les écoulemens; on ne doit rien négliger de ce qui peut prévenir les engorgemens ou les émanations de la mauvaise odeur. On trouve dans les Mémoires de l'Académie des sciences, pour l'année 1767, un moyen proposé par De Parcieux, qui consiste à placer à l'entrée du conduit un petit réservoir de pierre incliné vers ce conduit; dans cette cuvette est placée debout une plaque qui se meut dans deux rainures. De cette manière l'eau pourra passer sous la plaque pour descendre dans le tuyau; mais la plaque étant constamment trempée dans l'eau, elle empêche que l'air méphitique ne sorte du tuyau. Il faut renouveler l'eau dans le réservoir de temps à autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une basse-cour et un potager complèteront les accessoires qui doivent entourer la cuisine d'un grand seigneur.

Les caves sont un objet non moins important. Elles doivent être voûtées et bien pavées. Les caves servent à deux objets principaux, 1° de dépôt pour le bois et le charbon, 2° pour y renfermer le vin, les huiles et plusieurs autres objets de même nature.

A Milan on a adopté la mauvaise habitude de former du côté de la rue, dans les caves, des dépôts de fumier; les ouvertures de ces caves, fermées par un grillage, laissent échapper une odeur très désagréable. A Londres, les caves à charbon s'avancent sous les trottoirs, et des trappes qui y correspondent donnent le moyen d'y décharger immédiatement ce combustible.

Plusieurs écuries se trouvent placées, à Naples, dans les caves: cet usage répréhensible nuit à la santé des chevaux et surtout à la conservation de leur vue, qui s'altère par le passage subit de l'obscurité au grand jour. Les caveaux pour le vin n'ont pas besoin de plus de 9 pieds de hauteur, mesurée entre le pavé et la clef de la voûte; leur largeur doit être au moins de 12 à 15 pieds, afin qu'on ait la facilité de tourner autour des tonneaux pour les visiter. Ces caveaux seront pavés de dalles, et le pavé aura des pentes dirigées vers le centre, où l'on formera une cuvette qui recevra le vin qui pourrait s'écouler en cas d'accidens.

La fosse des latrines doit être éloignée autant que possible de l'endroit où sont les caveaux; car, malgré qu'on fasse des contre-murs, on a toujours à craindre les filtrations, dont les exhalaisons sont très nuisibles au vin.

Il faut que les escaliers qui conduisent dans les caves soient commodes et suffisamment larges pour qu'on puisse faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passer librement les tonneaux et les autres objets volumineux que l'on y dépose.

Il faut aussi établir une libre ventilation, d'autant plus nécessaire que des émanations dangereuses se développent dans ces lieux, et deviennent quelquefois mortelles en asphyxiant les personnes.

Escaliers.

La collocation de l'escalier principal et des escaliers secondaires ou de dégagement n'est pas sans difficulté. On a plusieurs conditions à remplir qui quelquefois se contrarient. 1° Le grand escalier, ample, commode, doit être bien éclairé; il est des cas où l'on facilite la distribution en tirant le jour par une ouverture dans le comble, que l'on couvre d'un fort vitrage; 2° il faut que les personnes qui ont voiture puissent descendre à couvert le plus près possible de cet escalier, qui d'ailleurs doit être situé dans un lieu apparent; 3° il ne doit point interrompre les enfilades principales; 4° les escaliers secondaires, aussi nombreux que le service le requiert, doivent être commodes sans occuper trop de place; 5° ces escaliers, destinés par leur essence à éviter les sujétions et les longs détours, n'en doivent occasionner aucun.

Nous exposerons divers exemples de distribution moderne, après avoir vu ce que Vitruve enseigne relativement aux habitations antiques.

Maisons des anciens Romains.

Voici ce que Vitruve nous apprend dans le livre VI relativement aux habitations antiques.

« On distingue cinq espèces de cours (*cava-ædium*) : savoir, la *toscane*, la *corinthienne*, la *tétrastyle*, la *découverte*, et enfin celle *voûtée*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» La *toscane* (pl. XX, fig. 5, 6) se distingue par une saillie *aa* dans le pourtour, formée par le croisement de quatre poutres. La cour reçoit les écoulemens des toits.

» La *corinthienne* (fig. 3, 4), plus ornée, a des colonnes qui, en soutenant les parties saillantes, forment un portique.

» La *tétrastyle* (fig. 1, 2) n'a que quatre colonnes angulaires; ces colonnes servent tout-à-la-fois à soutenir les poutres qui forment la saillie et contribuent à donner une plus grande stabilité à l'édifice. (Voyez ce que nous avons dit page 274.)

» La *découverte* (fig. 7, 8) est celle qui n'a pas de saillie dans son pourtour. Un chenal creusé dans la corniche qui couronne l'édifice reçoit l'écoulement des toits. Cette disposition est favorable aux appartemens d'hiver, parce que la saillie n'interrompt pas l'introduction de la lumière; mais le chenal, étant sujet à s'engorger, peut nuire à la charpente par la stagnation ou la filtration de l'eau.

» La *cour voûtée* (fig. 9, 10) se construit là où, l'emplacement étant resserré, les appartemens supérieurs ont besoin d'être élargis. Un portique à arcade donne en effet le moyen d'augmenter l'espace de la cour au rez-de-chaussée et d'élargir de toute leur largeur les chambres du premier étage.

» Les vestibules (*atria*) se distinguent, par la différence de leurs proportions, en trois espèces; la première a en largeur les trois cinquièmes de la longueur; la seconde, les deux tiers; la longueur de la troisième est équivalente à la diagonale d'un carré qui aurait chaque côté égal à la largeur du vestibule.

» La hauteur prise au-dessous des architraves est les trois quarts de la longueur. Cette hauteur ne comprend pas la hauteur de la *soffite*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Des colonnes diviseront le vestibule en trois parties égales, si sa longueur n'est que de 30 à 40 pieds; si elle est de 40 à 50, chacune des ailes latérales n'aura que les deux septièmes de la largeur; si elle est de 60 à 80, elles n'auront que les deux neuvièmes; et enfin elles auront chacune la cinquième partie de la largeur totale, si la longueur est de 80 à 100 pieds. Les compartimens de la *soffite* doivent être faits de telle sorte que la hauteur totale soit égale à la largeur.

» La salle nommée *tablinum*, qui vient après le vestibule, aura les deux tiers de sa largeur, si elle est de 20 pieds; mais on ne lui donnera que la moitié si elle est de 30 à 40; les deux cinquièmes, si elle est de 40 à 50. Ces variations dans les proportions dépendent des convenances que la commodité et la distribution de ces pièces exigent. La hauteur du *tablinum* surpassera la largeur de la sixième partie sans y comprendre la profondeur des caissons.

» La porte de communication entre le vestibule et le *tablinum* sera les deux tiers de sa largeur, s'il a de petites dimensions; dans le cas contraire, elle sera égale à la moitié. La grandeur des statues qui décoreront le vestibule sera proportionnée à la largeur des ailes. Les portes auront des proportions et des ornemens en harmonie avec l'ordre. On pratiquera une ouverture à la voûte du vestibule pour l'éclairer; cette ouverture aura une largeur qui ne sera pas moindre que le quart ni plus grande que le tiers de la largeur du vestibule, sa longueur sera en proportion.

» Les péristyles (portiques qui environnaient une grande cour ou un jardin et qui formaient une promenade à couvert) doivent avoir en largeur les deux tiers de la longueur. Les colonnes auront une élévation égale à la largeur du portique. Les entre-colonnemens n'auront ni moins de trois diamètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des colonnes, ni plus de quatre. Si cependant l'on fait usage de l'ordre dorique, il faudra régler les entre-colonnemens de manière à avoir un espacement régulier de *triglyphes*.

» Les salles à manger (*triclinia*) auront une longueur double de la largeur. A l'égard de la hauteur, on suivra une règle générale qui consiste à additionner la largeur et la longueur, et à prendre la moitié de cette somme.

» Si les salles de conversation (*exedræ, oeci*) sont carrées, la hauteur surpassera de moitié la longueur d'un des côtés. Les pinacothèques (galeries de tableaux) seront vastes, ainsi que les *exèdres*.

» Les grandes salles d'apparat se divisent en trois espèces ; savoir les *corinthiennes*, les *tétrastyles*, et les *égyptiennes*. Elles auront les proportions indiquées pour les *triclines ;* mais il faut qu'elles soient très spacieuses, à cause des colonnes.

» Les corinthiennes n'ont qu'un seul ordre, posé sur un soubassement, et quelquefois sur le pavé ; l'entablement est en bois ou en stuc ; une voûte surbaissée les couvre (pl. XX, fig. 11 et 12).

» Les salles égyptiennes (fig. 2, 3, pl. XXI) ont deux ordres superposés ; le premier ordre forme un portique au pourtour de la salle ; le second ordre est enclavé dans un mur qui surmonte le premier ordre ; tout autour se trouve une terrasse découverte. Des fenêtres sont ouvertes entre les colonnes du second rang, qui n'ont que le quart de la hauteur de celles d'en bas. L'entablement du premier ordre n'est formé que d'une architrave. La disposition de cette salle a de la ressemblance avec celle des basiliques.

» Les Grecs avaient de grandes salles à manger qu'ils nommaient *cysicènes*. Ces salles étaient tournées vers le nord, et avaient la vue sur un jardin ; elles avaient assez de largeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour contenir deux tables et trois lits, (*a*) opposées l'une à l'autre.

» Il faut aussi qu'il y ait tout autour un espace libre suffisant pour le service. Elles ont à droite et à gauche des fenêtres qui s'ouvrent comme des portes, afin que de dessus les lits on puisse voir dans les jardins. La hauteur est égale à une fois et demie la largeur.

» Dans toutes les constructions que nous venons d'indiquer il faut s'accommoder à la situation du lieu, et surtout il faut prendre garde que la hauteur des murs voisins n'ôte pas le jour ; car si cela arrivait soit par défaut d'espace, soit de toute autre manière, il faudrait augmenter ou diminuer avec adresse les proportions prescrites ci-dessus.

» Expliquons maintenant les choses qui doivent être observées à l'égard de la collocation des diverses pièces pour qu'il en résulte des habitations commodes.

» Les salles à manger d'hiver et les bains doivent regarder le couchant d'hiver, parce que l'on a principalement besoin de la clarté du soir (*b*), et que le soleil couchant, éclairant directement, répande une douce chaleur dans la salle.

» Les chambres à coucher et les bibliothèques doivent être tournées au soleil levant, parce que leur usage demande la lumière du matin ; outre que les livres ne se gâtent pas autant dans cette situation que dans celles qui regardent vers le midi et le couchant, qui sont sujettes aux vers et à l'humidité, parce que cette même humidité que les vents du midi apportent, alimente les vers et fait moisir les livres.

(*a*) Tout le monde sait que les anciens ne s'asseyaient point à table comme on le fait maintenant, mais qu'ils étaient couchés sur des lits placés au pourtour de cette table.

(*b*) Les anciens faisaient leur principal repas le soir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Les salles à manger dont on se sert au printemps et en automne doivent être tournées vers l'orient; car en tenant fermées les fenêtres jusqu'au moment que le soleil se fait voir vers le couchant, on règle la température de ces pièces de la manière la plus convenable pour le temps que l'on a coutume de s'en servir.

» Les salles dont on fait usage l'été regarderont le septentrion, parce que cet aspect rend les lieux toujours frais, sains et agréables, n'étant pas exposés au cours du soleil. Cette position est aussi celle qui convient le mieux aux ateliers où l'on peint et où l'on confectionne les étoffes, parce que le jour qui y est égal à toute heure, entretient les couleurs toujours dans le même état.

» Outre l'aspect du ciel, il faut observer, dans la distribution d'une maison particulière, de quelle manière on doit disposer les pièces destinées spécialement au maître du logis et celles où l'on admet aussi les étrangers : car dans les chambres à coucher, dans les salles à manger, les bains et autres lieux de cette nature, il n'entre que les personnes qui y sont appelées; mais tout le monde a le droit d'entrer dans ceux qui sont publics, tels que les vestibules, les cours, les péristyles et les parties en général destinées à des usages communs. Or les gens qui ne sont pas d'une condition fort relevée n'ont nul besoin de vestibules ni d'antichambres grands et spacieux, parce qu'ils vont ordinairement faire la cour aux autres et on ne la leur vient pas faire chez eux.

» Ceux qui font trafic des fruits de la terre doivent avoir à l'entrée de leur maison des étables, des boutiques; et au dedans, des caves, des greniers, des celliers et d'autres commodités qui servent plus pour la conservation des marchandises que pour l'ornement et la beauté de la maison.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Les gens d'affaires et les banquiers auront besoin d'appartemens un peu plus beaux et plus commodes, mais qui soient bien fermés, afin d'être en sûreté contre les voleurs.

» Les avocats et les personnes attachées aux magistratures doivent avoir des maisons encore plus propres et plus spacieuses, à cause de la multitude qu'ils reçoivent.

» Les personnes de haute condition et celles qui remplissent de grands emplois doivent avoir des vestibules magnifiques, de grandes salles, des péristyles spacieux, des jardins avec de longues allées; il faut que chez eux tout soit beau et majestueux. Ils doivent de plus avoir des bibliothèques, des cabinets ornés de tableaux, des basiliques (nous expliquerons dans un autre chapitre ce qui est relatif aux basiliques). Leurs maisons auront la magnificence que l'on admire aux édifices publics, parce que dans ces habitions il se fait des assemblées pour les affaires d'état ainsi que pour les jugemens et arbitrages qui terminent les différents entre particuliers.

» Les édifices étant ainsi disposés selon les différentes conditions des personnes, on peut dire que l'on aura satisfait aux convenances.

» La distribution des maisons grecques diffère de celle usitée par les Romains. Ils n'ont pas de vestibule; mais, de la première porte, l'on entre dans un passage qui n'est pas fort large, où d'un côté sont les écuries, et de l'autre la loge du portier. Au bout de ce passage, nommé *thyrorion*, est une autre porte qui conduit dans le péristyle, qui a des portiques de trois côtés. Au côté qui regarde le midi se voient deux piliers fort éloignés qui soutiennent des poutres. Si l'on déduit le tiers de l'espace entre ces piliers, le reste est égal à l'enfoncement de cette partie nommée *prostas* ou *perastas*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Au-delà se trouvent de grandes salles où les mères de famille filent avec leurs servantes ; à droite et à gauche du *prostas* sont situées les pièces appelées *antithalami* (antichambres) et *thalami* (chambres à coucher). Les salles à manger, les garde-robes (*cellæ familiaricæ*), et d'autres pièces, sont disposées autour des portiques. Cette partie de la maison s'appelle *gyneconitis*.

» A cette partie est jointe une autre plus grande et plus ample ; elle a une grande cour environnée de péristyles tout autour. Quelquefois la colonnade du côté du midi est plus élevée, selon la méthode rhodienne. L'appartement des hommes contient de plus beaux vestibules et des portes plus ornées que le *gyneconitis*. Les portiques sont ornés de stuc ou lambrissés en menuiserie.

» Le long des portiques qui regardent le septentrion, il y a des salles à manger que l'on nomme *cyzicenes*, et des cabinets de tableaux; à ceux qui regardent l'orient, il y a des bibliothèques ; du côté du couchant, sont les salles de conversation; au midi, se trouvent des salles à manger assez vastes pour contenir quatre tables, accompagnées de leurs lits, avec l'espace nécessaire pour le service et pour les jeux qui se font pendant le repas. C'est dans ces salles qu'on tient les festins des hommes, parce que l'usage veut que les femmes ne se mettent pas à table avec les hommes. L'appartement dont nous parlons se nomme *andronides*, parce que les hommes seuls y habitent sans être interrompus dans leurs occupations par les femmes.

» A droite et à gauche du principal corps-de-logis sont disposés des pavillons séparés, qui ont des portes particulières, des salles et des chambres commodes, destinées spécialement à l'usage des étrangers envers lesquels le maître de la maison

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exerce l'hospitalité. La coutume était qu'après les avoir traités le premier jour seulement, il leur envoyait ensuite les autres jours des poulets, des œufs, des herbages, des fruits et d'autres comestibles. Ces présens se nommaient *xenia*. Ainsi, ceux qui voyageaient se trouvaient logés comme chez eux, pouvant vivre en leur particulier et en toute liberté. Des passages ou petites rues, nommées *mesaules*, séparaient les logemens des étrangers du bâtiment principal.

» Les maisons de campagne (*pseudo-urbanes*) ne diffèrent des maisons de ville que parce qu'au lieu d'avoir les vestibules auprès de l'entrée principale, elles ont d'abord une grande cour environnée de portiques, et elles ont ensuite d'autres portiques moins étendus qui ont vue sur des jardins. Après avoir expliqué la manière de disposer les maisons de ville, il reste à examiner quelle est la disposition qui peut donner à celles de campagne la commodité que leur usage demande.

» Pour bien situer une maison de campagne, il faut en premier lieu considérer quelle est l'exposition la plus saine, et tourner la maison de ce côté. Sa grandeur doit être proportionnée aux terres qui y sont annexées, et à la quantité et qualité des objets qu'on y récolte.

» La grandeur des cours rustiques et leur nombre seront déterminés par la quantité du bétail et des charrues qui seront nécessaires. La cuisine sera dans le lieu le plus chaud de la cour, près de laquelle on établira l'écurie des bœufs, qui sera disposée en sorte que ces animaux aient la face tournée vers le soleil levant. La largeur de cette écurie ne sera pas moindre de dix pieds, ni plus grande que quinze. La longueur doit être réglée sur la supposition que chaque couple de bœufs occupe au moins sept pieds.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Les bains ne seront point éloignés de la cuisine, pour la facilité du service, ainsi que les pressoirs à huile. Après le pressoir sera le cellier, dont les fenêtres doivent regarder le nord, car vers le midi la chaleur du soleil serait préjudiciable au vin. Au contraire, le dépôt des huiles sera tourné du côté du midi, pour qu'elles ne gèlent pas l'hiver et que la douce chaleur du soleil les entretienne toujours coulantes.

» La grandeur des celliers doit être proportionnée à la quantité de vin que l'on recueille et au nombre des tonneaux, qui auront quatre pieds de diamètre au milieu, s'ils sont de la grande espèce. Si le pressoir n'est point à vis, mais à arbre, il faut qu'il ait au moins 40 pieds de longueur et 16 de largeur; ce qui suffira pour y travailler à l'aise. Si l'on a besoin de deux pressoirs, il faut que la pièce qui les contiendra ait 24 pieds de largeur.

» La grandeur des bergeries et des étables pour les chèvres doit être telle, que chaque animal n'ait pas moins de 4 pieds et demi de place, ni plus de 6.

» Les greniers seront élevés et tournés vers le septentrion, afin que la fraîcheur du vent empêche les grains de s'échauffer et les conserve plus long-temps. Les insectes dévorateurs s'engendrent et se propagent plus aisément dans les autres expositions.

» Les écuries pour les chevaux doivent être situées auprès de l'habitation du maître, dans un lieu chaud et bien abrité.

» Pour éviter les incendies, les greniers où l'on dépose les fourrages, ainsi que les moulins, doivent être éloignés de la maison.

» Les ornemens et la distribution de la maison seront analogues à ceux des habitations de la ville, pourvu que cela

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puisse se faire sans préjudice des convenances que le local requiert.

» Tout édifice doit être bien éclairé ; cette condition n'est pas difficile à remplir à la campagne, où les constructions ne sont pas assez accumulées pour ôter le jour, comme cela arrive fréquemment à la ville.

» Afin de connaître si l'on aura assez de lumière et comment on doit l'introduire, on tire une corde du haut du mur qui masque le jour jusqu'à l'ouverture qui doit l'introduire ; et si, en regardant en haut le long de cette corde, le ciel se voit à découvert, on sera assuré que ce lieu sera assez éclairé. Si, au contraire, on voit que le passage de la lumière est gêné par les poutres, le haut des fenêtres ou tout autre objet, il faudra faire des ouvertures plus grandes et plus élevées, et disposer les fenêtres de manière qu'elles correspondent aux endroits où le ciel se voit à découvert. Cette pratique est surtout nécessaire pour les salles à manger, les passages et les escaliers, qui ont le plus grand besoin d'être bien éclairés, parce qu'il arrive fréquemment que plusieurs personnes, quelquefois chargées, se rencontrent et se croisent. »

Hérodien nous apprend que les rues de Rome étaient fort étroites, les toits des maisons particulières avaient une grande saillie en dehors ; ce qui augmentait singulièrement le dégât produit par les incendies. La plupart de ces maisons avaient un portique sur la rue ; mais ce portique n'était couvert que par un simple plancher en bois. Néron, après le fameux incendie dont il fut l'auteur, ordonna que les maisons fussent isolées, bâties en briques et voûtées. Sous le règne d'Auguste, la ville de Rome acquit de grands embellissemens. On substitua l'usage de briques cuites aux briques crues, dans la construction des maisons ; on éleva le rez-de-chaussée au-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessus du niveau de la rue, on substitua des voûtes aux planchers, et enfin on institua un corps d'affranchis destiné, comme les pompiers modernes, à éteindre les incendies.

Tite-Live (liv. 21) dit que les maisons ordinaires avaient trois étages. Mais Auguste promulgua une loi qui défendait de donner aux édifices particuliers plus de 70 pieds romains d'élévation. Trajan réduisit ce maximum à 40 pieds, parce que de son temps les inondations du Tibre avaient occasionné la chute de plusieurs maisons trop élevées, et le même désastre s'était renouvelé à l'occasion d'un tremblement de terre.

Les anciens Romains avaient des maisons de campagne d'une magnificence étonnante. Les magnifiques débris de la *Ville-Adrienne*, à Tivoli, nous en donnent une idée bien imposante. La multitude d'édifices de toute espèce, renfermés dans sa vaste étendue, lui donnait l'apparence d'une cité. Pline le jeune nous a transmis la description d'une de ses maisons de campagne, nommée *Laurentinum*, dans une épître à Gallus.

L'entrée regardait le midi ; du côté du levant se trouvaient les jardins de délices, tandis que les jardins rustiques occupaient le côté opposé; la principale façade était tournée vers la mer. Un portique circulaire occupait le centre de l'édifice; les murs en étaient fort élevés et les fenêtres étaient garnies de lames d'albâtre transparent. Une cour rectangulaire la précédait et une autre plus grande venait ensuite. On entrait de là dans un vestibule et ensuite dans une salle à manger établie dans un avant-corps qui s'avançait vers la mer, pour pouvoir jouir du riche spectacle de la marine et des côtes environnantes.

Des deux côtés du vestibule se trouvaient des bibliothèques, et de l'autre une salle de repos et un *tricline*. On trouvait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite l'appartement des bains du côté des jardins rustiques ; le milieu du corps de bâtiment qui les contenait s'élevait au-dessus des toits en forme de tour. Dans cette tour étaient des chambres pour se coucher et reposer de jour pendant les grandes chaleurs ; du haut de la tour, la vue s'étendait au loin.

Dans le corps de bâtiment en face, étaient les triclines et des chambres à coucher, lesquelles avaient la vue sur un magnifique jardin. Au milieu de ce corps de bâtiment, était ouvert un passage qui conduisait dans le jardin, et des deux côtés se trouvaient deux petites pièces pour les valets de chambre.

Le quatrième côté de la grande cour avait, au milieu, un vestibule par où l'on entrait dans la cour circulaire, et des cuisines de chaque côté.

Sur le prolongement de l'appartement des bains on trouvait un grand portique couvert pour se promener à l'ombre. Il y avait vraisemblablement du côté parallèle et opposé un semblable portique.

La fig. 1, pl. XXII, représente le plan d'une maison de campagne antique à Pompéia.

Extrait du second livre de Palladio.

Ce grand architecte donne, dans le second livre de son Traité d'Architecture des préceptes très utiles sur la distribution des habitations, accompagnés du dessin des admirables constructions qu'il a fait exécuter à Vicence et aux environs de cette ville.

Une maison sera commode, dit-il, lorsqu'elle sera convenablement appropriée à la condition du propriétaire, lorsque toutes ses parties seront en correspondance avec l'en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semble et seront symétriquement disposées. Mais malheureusement il arrive trop souvent que l'architecte se trouve obligé de suivre plutôt la fantaisie de celui qui veut bâtir que les règles et les considérations dictées par son jugement.

Dans la distribution d'une habitation on doit apporter beaucoup de soin, non-seulement aux parties principales, telles que *loges*, salles, cours, chambres et grands escaliers (qui doivent être clairs, spacieux et faciles à monter), mais aux lieux de moindre étendue et à ceux qui ont une destination moins noble; car un édifice, à l'instar du corps humain, a certains membres nobles et beaux, et d'autres qui, quoique moins agréables à la vue, sont cependant très utiles et qui coopèrent au bien-être des premiers. Mais, ainsi que la nature a voulu que les plus beaux membres fussent les plus apparens, il faut aussi faire en sorte que les principales parties de l'édifice soient les plus favorablement exposées, et cacher autant que l'on peut les moins belles. C'est pourquoi, dit Palladio, j'approuve que dans la plus basse partie du bâtiment, laquelle se fait ordinairement un peu sous terre, on mette les caves, les magasins pour le bois, les garde-manger, les buanderies, les fours et autres parties semblables, desquelles on a tous les jours besoin. Cette distribution nous apporte deux commodités : la première, de rendre libre l'appartement du rez-de-chaussée; secondement, de rendre cet appartement plus sain, son plancher étant exempt de l'humidité de la terre; son élévation lui donne en outre une apparence plus élégante.

Une habitation doit contenir de grandes pièces, de moyennes et de petites, situées les unes à côté des autres, pour la commodité des communications.

Les pièces plus petites seront surmontées d'un entresol,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans lequel on pourra placer des cabinets pour divers usages et en faire le dépôt des meubles, des harnais et autres choses analogues qu'il serait inconvenant de mettre dans les pièces où l'on couche, où l'on mange et où l'on reçoit des visites.

Il est avantageux et commode que les chambres pour l'été soient spacieuses et tournées vers le septentrion, et celles d'hiver au midi et au couchant; celles-ci doivent être plus petites, parce qu'en été nous cherchons l'ombre et le vent, et en hiver le soleil; les petites chambres sont aussi plus faciles à chauffer que les grandes. Mais celles que l'on voudrait habiter pendant le printemps et l'automne regarderont vers l'orient, et auront la vue sur des jardins ou sur la campagne. Les cabinets et les bureaux veulent également cette même exposition, parce qu'on y séjourne particulièrement pendant la matinée.

Les *loges (loggie)* ou péristyles se placent ordinairement sur les faces de devant et de derrière; et lorsqu'on ne veut en faire qu'une seule, elle doit occuper le milieu; si l'on en fait deux, on les met aux ailes ou pavillons angulaires. Ces loges servent pour s'y promener, pour y prendre des repas et pour divers autres usages. Elles se font ou plus grandes ou plus petites selon la commodité ou l'étendue des bâtimens, mais leur largeur ne sera pas de moins de 10 pieds ni de plus de 20. Outre cela, toutes les habitations bien distribuées ont dans leurs parties principales certains lieux où tous les autres correspondent; ces lieux au rez-de-chaussée se nomment vestibules, et salles aux étages supérieurs. Les salles sont pour ainsi dire publiques et servent de stationnement aux personnes qui attendent le maître du logis.

Les vestibules sont, après les *loges*, le premier endroit qui se présente à ceux qui entrent dans la maison. Les salles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent en outre servir à toutes sortes de cérémonies ; on peut y faire des noces, des festins, y jouer la comédie ; à cet effet on les rend plus spacieuses que les autres pièces, afin d'y recevoir plus de monde.

La longueur des salles ne doit jamais excéder le double de leur largeur ; mais plus elles approcheront du carré et plus elles seront belles et commodes.

La distribution des autres pièces doit être faite de manière que celles de la droite correspondent et soient de même grandeur que celles à gauche, afin que le bâtiment soit pareil de part et d'autre et que les murs supportent également le poids du comble. Si les chambres étaient plus grandes d'un côté que de l'autre, ce côté serait plus chargé, ce qui pourrait nuire à la solidité et produire des inconvéniens et enfin la ruine entière de l'édifice.

Les proportions des chambres qui sont les plus belles, les plus élégantes et qui réussissent le mieux, sont les sept suivantes : 1° ronde, 2° carrée, 3° un tiers de plus que le carré, 4° un carré et demi, 5° un carré et deux tiers, 6° ayant pour longueur la diagonale du carré, 7° deux carrés.

Les pavés qui couvrent les planchers ou les voûtes se font à Venise soit avec du béton, soit avec des carreaux de terre cuite, soit avec des dalles de pierre dure ou de marbre. Les pavés en béton doivent être faits le printemps ou bien l'été, afin qu'ils puissent mieux se sécher. On pourra donner aux pavés en briques une plus belle apparence, soit en formant des carreaux de diverses couleurs par le mélange des terres, soit en variant leur forme. On emploie rarement dans les chambres les dallages en marbre ou en pierre dure, car ils sont trop froids pendant l'hiver ; mais on pourra les appliquer convenablement aux loges et aux lieux publics.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le niveau du plancher de toutes les pièces qui composent un appartement doit se trouver dans un même plan, et il ne faut pas que le seuil des portes soit plus élevé que le reste. On formera des entresols au-dessus des cabinets et autres pièces de petite dimension.

Le dessous des planchers peut être orné de différentes manières. Plusieurs personnes aiment à voir un beau compartiment de solives fait avec exactitude et décoré de moulures ; dans ce cas il faut que l'espacement des solives soit d'une largeur et demie: si on leur donne une plus grande distance, le compartiment ne sera pas agréable à voir ; si on les tient trop rapprochées, le mur de dessus se trouvera comme divisé d'avec celui de dessous, et les solives venant à pourrir avec le temps, ou à être brûlées par quelque accident, le mur d'en haut tombera nécessairement en ruine. D'autres personnes aiment mieux des compartimens en stuc ou en menuiserie dans lesquels on puisse insérer des peintures et qu'on orne de différentes manières.

Les chambres sont ou voûtées ou couvertes d'un plancher. La hauteur de ces dernières, depuis le pavé jusqu'aux solives, doit être égale à leur largeur ; les chambres d'un étage au-dessus seront en général moins hautes d'un sixième que celles au-dessous.

A l'égard des pièces voûtées qui se font communément au rez-de-chausée, la hauteur de celles qui sont carrées surpassera la largeur d'un tiers ; mais à l'égard de celles dont la longueur excèdera la largeur, pour avoir la hauteur on additionnera ces deux dimensions et on prendra la moitié de cette somme.

Ou bien on prendra une moyenne proportionnelle géométrique en multipliant la longueur et la largeur et en fai-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sant l'extraction de la racine carrée du produit. Ainsi, par exemple, si la longueur est de 9 pieds et la largeur de 4, la hauteur sera 6.

On peut aussi trouver la hauteur par la méthode suivante : 1° on détermine la hauteur par la première méthode; 2° on multiplie séparément la longueur par la largeur; 3° on cherche un nombre qui, multiplié par la hauteur provisoire, soit égal au produit susdit. Soit 12 la longueur, 6 la largeur; la hauteur provisoire sera 9, le produit de la longueur par la largeur sera 72, et enfin le nombre qui multiplié par 9 (hauteur provisoire) donne 72, est 8; ainsi la pièce aura 8 pieds de hauteur.

En comparant ces trois méthodes, la première donne une hauteur plus grande que la seconde, qui est elle-même plus grande que la troisième. On pourra donc se servir de l'une ou de l'autre de ces méthodes suivant les circonstances; et les proportions seront réglées de manière que, quoique la partie supérieure des voûtes d'un même étage se trouve au même niveau, la hauteur des pièces soit néanmoins en harmonie avec les autres dimensions.

On peut former des voûtes à cul-de-four ou circulaires au-dessus du plan carré en formant des *pendentifs* aux angles.

Les fenêtres des divers étages doivent diminuer progressivement de hauteur d'un sixième. Les portes et les fenêtres de tous les étages doivent se correspondre bien exactement d'aplomb, et celles d'un même étage doivent se trouver sur le même alignement dans l'intérieur comme à l'extérieur, et cela pour qu'on puisse jouir du coup d'œil des enfilades. Cette disposition contribue en outre, pendant l'été, à entretenir la fraîcheur par la ventilation.

Il ne faut point oublier de former au-dessus de chaque porte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou fenêtre des arcs de décharge, de crainte que le chambranle ne se brise et ne s'affaisse sous le poids de la partie supérieure. Il faut éloigner autant que l'on peut les fenêtres de tous les angles et de tous les coins du bâtiment, parce que ces parties qui contribuent essèntiellement à lier la construction ne doivent point être ouvertes ni affaiblies.

Les tuyaux des cheminées doivent être placés dans l'épaisseur des murs et s'élever au-dessus du toit, pour que la fumée s'échappe librement; aux cheminées des chambres le tuyau aura deux pieds et demi de largeur sur 9 pouces.

La collocation des escaliers exige du discernement; il n'est pas toujours facile de les placer de manière à satisfaire à toutes les convenances et sans embarrasser le restant de l'édifice. Les escaliers ont besoin de trois sortes d'ouvertures; la première est l'entrée, laquelle sera d'autant mieux placée qu'elle sera plus apparente, qu'elle se présentera distinctement aux personnes qui entrent dans le logis, et que, en y arrivant, on apercevra les principales parties de l'édifice. Les fenêtres forment la seconde espèce d'ouverture; elles doivent être assez grandes pour que la lumière entre en abondance et se répande également; la troisième espèce comprend les ouvertures par où l'on entre dans les appartemens. Celles-ci doivent conduire dans des lieux amples, beaux et bien ornés. Un escalier aura les qualités requises s'il est clair, spacieux et facile à monter; les marches auront une largeur conforme à l'étendue et à la qualité de l'édifice, qui ne sera jamais moins de quatre pieds, afin que si deux personnes se rencontrent, elles puissent commodément se faire place. On pourra établir, sous les rampes, des cabinets qui serviront à divers usages domestiques. La largeur des marches ne doit pas avoir moins d'un pied ni plus d'un pied et demi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A l'égard des maisons de campagne, on aura dans leur distribution les mêmes considérations qu'à celles de la ville. On distingue deux sortes de maisons de campagne, l'une pour le logement du maître avec sa famille, et l'autre pour le fermier qui fait valoir le terrain, conserve les produits du sol et nourrit les bestiaux. Les deux bâtimens auront une certaine correspondance entre eux, sans se nuire. La maison du maître sera proportionnée à ses richesses et à sa condition. A côté de cette maison seront placées des constructions pour y renfermer les récoltes et le bétail. Il est désirable que le maître puisse visiter le tout sans que la pluie ni l'ardeur du soleil puisse l'incommoder; des portiques serviront à cet effet; on pourra en outre y déposer du bois ou d'autres objets; ils donneront aussi une plus belle apparence à l'édifice. Les logemens des personnes de service attachées à la ferme seront commodes, et auront une grandeur suffisante.

De même les lieux destinés pour les bestiaux et les attirails de campagne, auront l'étendue que leur destination exige. Le logis de l'intendant ou économe et du gardien, doit se trouver près de l'entrée, pour qu'ils soient à portée de veiller qu'aucun objet ne soit distrait frauduleusement.

Les écuries seront placées loin de l'habitation du propriétaire, pour que l'odeur du fumier ne puisse l'incommoder; mais elles seront situées dans un lieu chaud et où l'air circulera librement.

Les caves placées dans les souterrains seront bien closes, loin du bruit, de la mauvaise odeur, et dans un endroit sec. Leurs ouvertures regarderont le levant ou le nord, pour que l'ardeur du soleil ne puisse nuire aux vins en les faisant tourner. Le cuvier sera voisin des caves; les cuves seront assez élevées pour permettre de vider le vin directement dans les ton-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neaux, à l'aide de tuyaux en cuir que l'on adapte à la cuve et que l'on dirige vers les tonneaux à remplir.

Les greniers seront placés vers le nord, parce que de ce côté ils sont moins sujets à la chaleur et moins infectés par les insectes. Le sol de ces greniers sera couvert de planches, parce que la chaux est nuisible aux grains.

Les greniers à foin peuvent être placés du côté qui regarde le midi ou le couchant, parce que le foin étant une fois séché au soleil, il n'y a plus de danger qu'il se corrompe en fermentant.

Les instrumens de labour seront convenablement placés sous les portiques du côté du midi. L'aire pour battre le blé sera exposée au soleil, spacieuse, bien affermie, un peu relevée au milieu; des portiques se trouveront à sa portée, pour qu'on puisse, en cas d'orage, mettre promptement le blé à couvert. Il ne faut pas que cette aire soit trop rapprochée du logement du maître, à cause de la poussière; mais pas trop éloignée, afin qu'il voie ce qu'on y fait.

Toutes les chambres, grandes, moyennes ou petites, doivent être distribuées de manière qu'elles aient entre elles et avec l'ensemble de l'édifice des correspondances réciproques soit de convenance, soit de symétrie, qui contribuent à la beauté et à la perfection du tout.

Dans les villes il arrive trop souvent que les murs des maisons voisines, les rues et les places publiques resserrent l'architecte dans certaines limites qu'il ne peut dépasser; la nécessité l'oblige de s'accommoder au local, quelle que soit son irrégularité.

Palladio ajoute, à l'appui des principes qu'il enseigne, l'exemple de plusieurs édifices qu'il a fait construire.

Le plan et l'élévation (pl. XXIII, fig. 1, 2) représente le bel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hôtel *Chiericati,* situé à Vicence, sur la place qui se nomme l'*île*. Cet édifice a un soubassement de cinq pieds de hauteur. Deux péristyles superposés ornent la façade. Les pièces principales ont des voûtes en arc de cloître ; les moindres ont des voûtes à lunettes. La salle correspond au milieu de la façade et communique avec une grande loge ouverte. La hauteur de cette salle arrive jusqu'au comble. Les plafonds des loges, ainsi que les murs, sont richement ornés de peintures.

Les fig. XXIII, pl. 3, 4 représentent un autre bel hôtel du Palladio construit à Vicence. Cette ville est une des plus remarquables d'Europe, sous le rapport de l'architecture. Outre les belles productions du Palladio qu'on y admire, se trouvent d'autres constructions fort intéressantes du Scamozzi et du marquis Calderari : ce dernier fut un des meilleurs imitateurs du *Raphaël de l'Architecture.*

Les environs de cette ville présentent en outre plusieurs maisons de campagne érigées sur les dessins de ces grands maîtres. Une des plus célèbres est celle représentée (pl. XXIV, fig. 1, 2) ; elle est connue sous le nom de *Rotonda del Capra ;* elle se trouve à un quart de lieue hors de la ville, sur une colline d'un accès facile, et dans une position admirable où la vue présente de tous les côtés des perspectives les plus pittoresques. Voilà pourquoi le Palladio l'a ornée de quatre péristyles précédés chacun d'un perron. Les fig. 3, 4 représentent une autre maison de campagne par le Palladio.

On voit (pl. XXI, fig. 1, 4) le plan et l'élévation d'une très belle maison de campagne, construite par le Palladio, pour la maison Badoer, à la *Fratta,* dans le Polesin de Rovigo.

La maison s'élève sur un soubassement très élevé, et pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sente, par la disposition des perrons et des portiques latéraux, un ensemble d'une élégance parfaite.

Scamozzi, moins pur dans son style que le Palladio, est cependant, après lui, le plus grand maître de l'école vénitienne, et un des plus grands architectes des temps modernes. Il construisit à Venise le très beau bâtiment de Procuraties neuves qui décore avec une magnificence extraordinaire la célèbre place de Saint-Marc. Une des plus belles constructions dont il ait enrichi cette ville, est sans doute le beau palais *Corner*, qui a la vue sur le grand canal, et qui est représenté pl. XXV, fig. 1, 2. Sur un soubassement rustique en talus, s'élève le rez-de-chaussée, surmonté d'un entresol et encadré dans le premier ordre d'architecture dont ce grand édifice est orné. De vastes appartemens occupent le premier et le second étage.

Ce palais a une grande cour carrée dont la décoration est analogue à celle de la façade extérieure.

La fig. 3 représente le plan du premier étage du grand hôtel appartenant à M. Egerton, situé à Paris, rue Saint-Honoré, afin que le lecteur puisse comparer la méthode française de distribuer les appartemens avec la méthode italienne. La première se distingue par l'art de savoir tirer parti des espaces les plus irréguliers, par la manière ingénieuse de former, à l'aide de minces cloisons, des cabinets, et des dégagemens multipliés et commodes. Des portes vitrées, des glaces non étamées introduisent dans ces lieux une lumière suffisante (quoique faible) qu'elles tirent des pièces principales sans les déparer. On observera aussi que de nombreux escaliers secrets évitent tout-à-la-fois de longs détours et les sujétions incommodes.

Il nous reste un mot à dire des immenses constructions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui composent la résidence des monarques : c'est plutôt la réunion d'un grand nombre de monumens qu'un seul édifice.

De même que la dignité d'un souverain surpasse celle des autres individus, la magnificence de sa résidence doit surpasser celle de tout autre palais.

L'architecture peut ici déployer librement ce qu'elle a de plus beau et de plus élégant. Un palais royal doit contenir non-seulement tout ce qui peut contribuer à la plus grande commodité possible, mais encore à l'agrément le plus grand; il devrait offrir au monarque qui l'habite toutes les délices qui se trouvent éparses soit dans une grande ville, soit dans le paysage le plus riant. Il aura de grands jardins distribués avec autant de variété que de goût, dans lesquels l'art embellira la nature sans la soumettre à une régularité monotone et compassée. Ce jardin pourra renfermer des bains, des laiteries, des salles de danse et de comédie. Les appartemens, aussi nombreux que le requiert le nombre des princes composant la famille royale, seront accompagnés de grandes galeries ornées des plus belles productions de peinture et de sculpture, et de tout ce que la nature offre de plus rare et de plus curieux ; de riches bibliothèques, et de collections de tout genre. Une grande chapelle est indispensable. Un théâtre de cour doit y être également annexé. Les grands dignitaires, les officiers spécialement attachés au service de la cour, auront des appartemens dans les édifices qui accompagneront le palais et qui seront disposés autour de la grande place qui le précédera, et qui devra avoir une grandeur suffisante pour que le monarque puisse y passer en revue sa garde. Sur la même place devront se trouver de grands corps-de-garde pour l'infanterie et pour la cavalerie de service.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De vastes écuries, accompagnées de tous leurs accessoires, de nombreuses remises, se trouveront à la proximité du palais, ainsi que l'orangerie qui devra servir de promenade l'hiver, et qui aura une décoration relative à cet usage. Ainsi, un palais royal exige indispensablement un grand emplacement; car il serait ridicule de prétendre qu'un architecte remplisse toutes les convenances qu'il exige, dans un emplacement resserré. La distribution doit offrir la plus vaste étendue, ornée de points de vue magnifiques et variés.

Le lecteur qui désire connaître la distribution des principaux palais royaux d'Europe, doit consulter le Recueil des plans de ces palais, publié par MM. Percier et Fontaine.

Ces palais sont tous gravés sur une même échelle, afin qu'on puisse juger de la différence de grandeur de chacun d'eux. On y verra que les Tuileries et le Louvre, lorsqu'ils seront réunis, comme c'est le projet, formeront le plus grand palais de l'Europe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

Édifices destinés aux amusemens publics.

Les Romains avaient consacré aux spectacles cinq espèces d'édifices, savoir: le *cirque*, l'*amphithéâtre*, les *bassins* pour les *naumachies*, le *théâtre* et l'*Odéon*.

Cirque.

Le cirque était un espace très vaste, beaucoup plus long que large, dont les côtés latéraux, à peu près parallèles entre eux étaient garnis de siéges; l'espace compris entre les côtés servait pour les courses soit à pied, soit à cheval, soit avec des chars à deux ou quatre chevaux.

Le cirque le mieux conservé que l'on connaisse est celui de Caracalla hors des murs de Rome, le long de l'ancienne voie Appia et auprès du magnifique mausolée de *Cecilia Metella*. Ce cirque est représenté pl. XXII, fig. 3.

Au milieu du cirque se trouve un massif en maçonnerie *aa* nommé *Spina* qui s'élevait d'environ 6 pieds au-dessus du sol, et sur lequel étaient placés anciennement, 1° des obélisques; 2° des colonnes qui soutenaient les statues de la Fortune et de la Victoire; 3° des trépieds et des autels. Aux deux extrémités de la Spina étaient des piédestaux demi-circulaires *bb* qui supportaient trois colonnes nommées *metæ;* ces piédestaux creux contenaient une petite chapelle consacrée à Consus, divinité tutélaire des jeux circéens. La Spina laisse d'un côté un espace plus large que de l'autre pour donner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux chars une plus grande aisance au commencement de la course.

L'enceinte qu'environne le cirque *mmmm* supportait les gradins en pierre sur lesquels les spectateurs étaient assis. D'un côté cette enceinte était terminée par un demi-cercle au milieu duquel se trouvait la principale entrée A. Du côté opposé était un corps de bâtiment BB nommé *carceres* où étaient les loges et les remises pour renfermer les chevaux et les chars. Deux tours *cc* s'élevaient aux angles. La façade des *carceres* était ornée de refends et de thermes, de trophées et de quadriges; les voûtes étaient décorées de caissons peints en arabesque.

Les gradins du pourtour reposaient sur une voûte à arc rampant; le remplissage entre la voûte et les gradins était formé par des cruches (*amphoræ*) qui s'emboîtaient les unes dans les autres, et dont les interstices étaient remplis par un mortier en pouzzolane. Les gradins étaient interrompus par deux grandes loges *n,n* (*meniana*) destinées pour l'empereur et pour les grands personnages.

Le cirque de Caracalla n'était ni le plus grand ni le plus magnifique de Rome, qui eut jusqu'à quinze cirques, parmi lesquels on distingue le *circus agonalis* élevé par Alexandre-Sévère dans l'emplacement où est la place Navone; le cirque de Salluste dont il existe encore des débris remarquables; le cirque de Néron qui est aujourd'hui remplacé par l'église de Saint-Pierre.

Le *circus maximus* placé entre le Palatin et le mont Aventin, surpassait tous les autres. La première construction fut faite par Tarquin l'ancien, 776 ans avant l'ère chrétienne. Il changea ensuite de forme et fut successivement augmenté et embelli par Jules-César, Auguste, Tibère, Caligula et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Néron. Des jardins occupent maintenant son emplacement; mais on distingue assez nettement la forme de son plan primitif, et l'on trouve de distance en distance quelques ruines de son enceinte à fleur de terre. Il avait environ 2,000 pieds de long sur 800 de large. *Denis d'Halicarnasse* assure qu'il contenait cent cinquante mille spectateurs.

Les jeux *circéens* étaient très somptueux; ordinairement une marche magnifique parcourait le cirque avant le spectacle. Cette espèce de procession était composée ainsi qu'il suit : une troupe de jeunes patriciens à cheval, les chars qui devaient courir, des coureurs et des voltigeurs (*desultores*) ouvraient la marche; venaient ensuite les prêtres, les sénateurs, les magistrats qui présidaient aux jeux, et les simulacres des dieux placés sur des chars; après eux venaient des athlètes et des danseurs déguisés en faunes et en satyres. Des musiciens suivaient cette marche pompeuse, et allaient ensuite se placer sur les terrasses qui couvraient les *carceres*. Souvent ce cortége était embelli par les dépouilles des nations vaincues, exposées sur des chars.

Les courses commençaient aussitôt que le cortége s'était retiré; on en distinguait de trois sortes : les courses de chars, de chevaux et à pied. Les chars étaient attelés de deux et le plus souvent de quatre chevaux. Du temps de Domitien on introduisit l'usage de faire courir de jeunes filles dans le cirque.

Le cirque de Milan construit en 1804 est le seul monument moderne de ce genre. Il contient environ 15,000 spectateurs; sa forme est ovale; les murs principaux sont en pierres de taille; des voûtes en maçonnerie soutiennent les gradins qui provisoirement sont en gazon; une magnifique loge, ornée de très belles colonnes, s'élève sur le milieu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un de ses flancs. Des canaux et des écluses sont disposés de manière à pouvoir inonder l'intérieur de ce cirque et à le convertir en un vaste bassin.

Le champ de Mars à Paris offre un emplacement très favorable pour y construire un cirque magnifique, comme on l'avait projeté il y a trente ans.

Naumachies.

De grands bassins environnés de gradins servaient aux naumachies, c'est-à-dire, aux joûtes ou aux combats des galères qu'on supposait montées par des nations différentes.

Le premier spectacle de ce genre fut donné à Rome sous César, dans le grand cirque dont la position le mettait à portée de recevoir les eaux du Tibre que l'on faisait entrer par un canal fait à cet usage.

Domitien fit ensuite construire sur le bord du Tibre un édifice magnifique uniquement destiné à cette sorte de spectacle. Dion rapporte quelques détails d'une des fêtes que Domitien donna dans ce monument ; elles durèrent plusieurs jours de suite. Pendant que les galères étaient un jour aux prises, il survint un orage affreux ; l'empereur ne voulut permettre à personne de sortir du spectacle pour se mettre à l'abri, de sorte que beaucoup de personnes y gagnèrent des maladies et en périrent. Pour consoler le peuple de cette mésaventure, Domitien lui donna, pendant la nuit, un grand souper.

Le lac *Fucin*, ayant une forme presque circulaire et étant entouré de montagnes, forme un amphithéâtre naturel où l'on peut placer un très grand nombre de spectateurs. Claude choisit ce lieu pour donner aux Romains une fête horrible. Vingt-quatre galères montées par des criminels

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

condamnés à périr, furent placées sur le lac. Une machine s'élevait au milieu et portait un triton qui devait donner le signal du combat avec une *trompette parlante* d'argent. Dès que les combattans aperçurent l'empereur, ils se mirent à crier : *Ave, Imperator, morituri te salutant;* Claude leur répondit : *Avete vos.* Les malheureux prenant cette réponse pour une marque de bonté de l'empereur, crurent que c'était leur grâce qui leur était accordée et en conséquence ne voulaient pas combattre; ce que voyant l'empereur, il entra dans une fureur terrible, et, les menaçant de les faire périr tous par le fer ou par le feu, il les obligea d'en venir aux mains, et de se battre avec fureur.

Amphithéâtre.

L'amphithéâtre était un vaste édifice ovale, garni dans tout son périmètre, de gradins; il était destiné aux combats des gladiateurs et aux combats des bêtes féroces. Ces spectacles barbares commencèrent à Rome environ 264 ans avant Jésus-Christ. Ils furent en usage jusqu'au temps d'Honorius, qui les prohiba par une loi promulguée en l'an 403 de l'ère chrétienne.

La plupart des amphithéâtres furent en bois. Tels étaient celui de César dont parle Dion; celui de Néron mentionné par Pline, Tacite et Suétone, ainsi que celui qu'un certain Attilius fit construire auprès de Fidenes, et lequel s'étant écroulé au moment du spectacle fut la cause de la mort de vingt mille personnes.

Quelques amphithéâtres avaient le mur extérieur en maçonnerie, mais l'intérieur était en bois. Il en existe de cette espèce à Nîmes, à Pola et à Rome auprès de l'église Sainte-Croix,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

où se voient les restes de l'enceinte d'un amphithéâtre ainsi conformé, et dont les murs sont en briques.

On ne connaît que trois amphithéâtres dont l'intérieur et l'extérieur soient en maçonnerie : ce sont, le *Colisée*, *l'arène de Vérone*, et l'amphithéâtre de Capoue.

Le Colisée fut commencé par Vespasien et terminé par Titus. Suivant le témoignage de Victor, cette immense construction fut finie dans l'espace de deux ans et neuf mois. *Biennio post, ac menses fere novem amphitheatri perfecto opere.* Il fut restauré successivement par Domitien, Antonin-le-Pieux, Héliogabale, Alexandre-Sévère *(post exustionem)*, Macrin et Gordien-le-Pieux ; il paraît qu'on doit ajouter aussi le nom de Théodoric au nombre de ses restaurateurs.

Le plan de cet édifice surprenant (pl. XXVI, fig. 3, 4) est une ovale dont le grand diamètre a 580 pieds et le petit 481 ; une ovale concentrique au premier forme l'*arène*, c'est-à-dire, la place destinée aux combats. L'arène avait 264 pieds de longueur sur 165 de largeur.

Le mur d'enceinte (pl. XXVI, fig. 1, 2), avait 156 pieds de hauteur, était orné de quatre ordres d'Architecture ; le rez-de-chaussée, le premier étage et le second avaient des portiques ouverts, composés chacun de 80 arcades. Un tiers de cette enceinte existe encore en entier.

Quelques médailles de Vespasien et de Domitien représentent les arcades du Colisée, ornées de statues. J'ai fait des recherches pour reconnaître si ces statues ont réellement existé ; j'ai trouvé en effet, au premier et au second étage, des traces non équivoques des piédestaux qui les supportaient. On y discerne encore les troux des goujons et des crampons qui les assujettissaient et les entailles faites en dehors des parapets pour les placer. Plusieurs de ces piédestaux, en marbre blanc,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se trouvent parmi les débris disséminés dans ce grand monument, et leurs dimensions se rapportent exactement aux traces que nous venons d'indiquer.

J'ai en outre remarqué qu'au quatrième ordre on voit au milieu de chacun des entre-colonnemens, qui n'est pas occupé par une fenêtre, cinq trous symétriques dans lesquels étaient fixés les ornemens en forme de boucliers *(clipei)*, que l'on voit dans les médailles citées précédemment.

Les statues placées au milieu des arcades ne pouvaient pas être plus convenablement placées; elles ornaient tout-à-la-fois l'extérieur et l'intérieur, et elles étaient parfaitement abritées.

L'architecte du Colisée a su concilier d'une manière admirable les convenances très difficiles exigées par ce grand monument. 1° Dans une enceinte de 580 pieds sur 481, il est parvenu à placer commodément plus de 50 mille personnes distribuées suivant leur rang social : 2° il a décoré avec magnificence les emplacemens réservés pour l'empereur et pour les personnes de haut rang, sans interrompre la continuation des lignes, et sans masquer la vue à aucun des spectateurs; 3° il a laissé une place libre au centre ayant 264 pieds sur 156; il a su, par des moyens ingénieux, préserver les spectateurs du danger que les bêtes féroces qui combattaient en ce lieu, auraient pu leur faire éprouver.

Le lecteur nous permettra, vu la grande importance de ce monument, de lui exposer sommairement quelles devaient être la distribution et la décoration de ses parties, d'après l'examen le plus attentif que nous avons fait de tous les débris que les fouilles récentes ont mis à découvert.

Avant d'entreprendre cette exposition, il est à propos de transcrire les vers suivans, de la septième églogue de Calpur-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nius, qui renferme une description très curieuse de l'intérieur du Colisée.

Vidimus in cœlum trabibus spectacula tectis
Surgere, tarpeïum propè despectantia culmen,
Immensosque gradus.....
.....
Balteus et gemmis, en illita porticus auro
Certatim radiant; nec non ubi finis arenæ
Proxima marmoreo peragit spectacula muro :
Sternitur adjunctis ebur admirabile truncis,
Et coit in rutilum, tereti qui lubricum axe
Impositos subita vertigine falleret ungues;
Excuteretque feras; auro quoque torta refulgent
Retia, quæ totis, in arenam dentibus, extant
Dentibus æquatis : et erat (mihi crede Lycota
Si qua fides), nostro dens longior omnis aratro.

Le Colisée, vu intérieurement, présentait six parties principales ; 1° l'*arena*, 2° le soubassement, 3° les gradins de marbre, 4° le *balteus*, 5° les gradins de bois, 6° le portique.

L'*arena*, c'est-à-dire, la grande place destinée aux combats, avait au dessous des caves voûtées qui servaient de prisons aux bêtes féroces. On fit des fouilles en 1813 qui mirent en évidence ces souterrains dont divers auteurs anciens ont fait mention.

On lit dans Tite-Live : *carceres in circo, et caveas terreas in amphitheatro...*

Vospicus dit..... *neque erat bestiarum impetus ille, qui esse caveis egredientibus solet.*

Des *trappes* s'ouvraient pour donner passage aux animaux qui sortaient des souterrains et allaient combattre dans l'arène; elles se fermaient aussitôt après. Ammien-Marcellin compare la furie de *Maximinus* à celle des bêtes féroces qu'on lâche dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'amphithéâtre lorsque les trappes sont ouvertes..... *difractis tandem solutæ posticis*.....

Plusieurs précautions étaient en usage pour préserver les spectateurs des dangers effroyables qui seraient résultés si les animaux féroces eussent pu s'élancer sur les gradins. Premièrement, un fossé nommé *Euripe* était creusé entre l'*arène* et le *podium* (c'est-à-dire le mur qui servait de soubassement aux gradins).

Le fossé n'aurait pas suffi pour empêcher les tigres et les léopards de s'élancer sur les spectateurs. Les vers de Calpurnius, que nous avons rapportés précédemment, nous apprennent que le podium était défendu par des pointes saillantes, par un filet, par des palissades et des rouleaux tournans : tous ces objets étaient ornés avec luxe. Le filet était doré; mais on ne sait précisément si c'était un filet en cordes dorées, soutenu par des montans en fer, ou bien une grille dont les barreaux étaient conformés à l'instar d'un filet. Les palissades et les rouleaux tournans étaient couverts d'ivoire et d'ébène.

Caligula imagina, pour décorer l'arène des amphithéâtres, de faire semer, au lieu de sable, de la *chrysocolle*, qui est une espèce de malachite friable ou oxide de cuivre coloré du plus beau vert. On a renchéri encore sur ce raffinement de luxe, en faisant des compartimens avec de la poudre de marbre blanc, du minium et de la chrysocolle. Deux grandes entrées situées aux deux bouts du grand axe conduisaient dans l'arène. C'est par là qu'entraient et sortaient les processions ou pompes amphithéâtrales qui précédaient les jeux et dont *Prudence* fait mention; elles étaient analogues aux pompes circéennes décrites par Ovide. C'est aussi par ces portes qu'entraient les *andabates* (gladiateurs qui combattaient à cheval),

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lesquels, suivant Isidore, étaient montés sur des chevaux blancs et précédés d'enseignes militaires. Les *mimes*, les *tibicines*, les *histrions*, entraient également par ces portes pour venir faire leurs exercices qui servaient d'intermèdes aux combats sanglans.

Maffei a reconnu que l'amphithéâtre de Vérone avait des entrées analogues. *Nelle punte dell' ovato* (dit-il) *erano due grandi porte delle quali scavando ho trovato le soglie che metteano nella piazza (arena), ed ho veduto delle grandi e grosse lastre del pavimento segnate dalla parte esterna di qua e di là, ed incavate probabilmente da cancelli di ferro che si aprivano e serravano..... trapassati gli archi del corridore di mezzo, par che si veggon ne muri segnali di rastello o porta con cui si dovea impedire il passar oltra direttamente a tutt' altri che agli attori.*

La magnificence des spectacles cruels que l'on donnait dans les amphithéâtres, consistait à faire combattre en un même jour un grand nombre d'animaux rares; plus il y avait de sang répandu, plus la journée était brillante. Si nous devons croire au témoignage d'Eutrope, cinq mille animaux furent tués dans les combats que l'on donna dans le Colisée, lorsque Titus en fit l'inauguration; ce premier spectacle fini, l'on inonda l'arène, et il y eut d'abord un combat d'animaux aquatiques, puis une naumachie.

Plusieurs spectacles extraordinaires furent donnés au peuple romain dans le Colisée. Septime-Sévère fit construire dans le milieu de l'arène une grande machine qui avait la forme d'un vaisseau. Cette machine, à un signal donné, se décomposa subitement, et il en sortit quatre cents bêtes féroces qui se livrèrent un combat acharné.

Quelquefois des gladiateurs se battaient contre les bêtes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

féroces; le plus souvent c'étaient des criminels condamnés aux supplices. Si le criminel était assez heureux pour triompher de l'animal féroce, il était renvoyé absous.

Le soubassement qui environnait l'arène était formé par un mur de 11 pieds d'épaisseur et haut pareillement de 11 pieds. Dans l'épaisseur de ce mur se trouvaient deux magnifiques loges pour l'empereur; elles correspondaient aux extrémités du petit axe du plan. Des colonnes en marbre *pavonazzetto*, ayant les bases et les chapiteaux en marbre blanc, ornaient la façade des loges, l'intérieur était revêtu en marbre précieux; le plafond, de marbre blanc, était garni en bronze doré. Douze loges plus petites étaient creusées dans le même mur; l'intérieur en était également revêtu en marbre; le plafond était en marbre blanc, avec des rosaces sculptées dans le même marbre. Ces loges, qui servaient probablement pour les vestales et pour les princesses de la famille impériale, avaient de riches parapets en marbre blanc sculpté.

On voyait en outre, dans ce soubassement, vingt-quatre grandes niches carrées, dans lesquelles devaient être placés les principaux magistrats. Ces niches, larges de 6 pieds, étaient surmontées d'un fronton soutenu par deux colonnes. L'intérieur de la niche était revêtu de bas-reliefs en stuc doré, disposés dans des compartimens carrés: on aperçoit encore quelques vestiges de cette décoration brillante.

Au-dessus de ce soubassement s'élevaient les gradins en marbre, réservés pour l'ordre équestre, les tribuns militaires, les tribuns du peuple, les prêtres et autres personnes distinguées. Monseigneur Torre a publié une inscription importante qui détermine les lieux assignés aux *prêtres arvales* dans l'amphithéâtre; ils devaient se placer, 1° au premier *menianum*, dans le *coin* douzième, sur huit gradins; 2° au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

second *menianum*, sur quatre gradins, au sixième *coin;* 3° au *menianum* le plus élevé, sur onze gradins de bois au numéro 53.

Cette inscription nous apprend que la partie qui comprenait les gradins de marbre était divisée en *meniani*, en *coins* et en gradins. Pour en bien comprendre la signification, il faut observer que la série des gradins était de distance en distance (sur la hauteur) séparée par des paliers qui continuaient tout au tour sans interruption. Aux paliers correspondaient les ouvertures nommées *vomitorii*, d'où partaient des escaliers creusés dans les gradins mêmes et qui allaient d'un palier à l'autre; les projections de tous ces escaliers suivaient la direction des rayons de l'ovale. Ainsi on appelait *menianum* la réunion des gradins compris entre deux paliers; les *coins* étaient, dans chaque *menianum*, les portions comprises entre deux escaliers.

Par un examen attentif que nous avons fait des murs et des voûtes qui soutenaient les gradins, en comparant les dimensions en hauteur et en largeur avec les dimensions des fragmens de gradins épars en divers lieux, nous avons reconnu que le nombre des gradins de marbre était quarante-quatre, séparés en quatre *meniani* par cinq paliers. Seize *vomitorii* débouchaient à chaque palier, excepté au premier palier auquel ne correspondaient que douze *vomitorii;* de manière que le nombre total des *vomitorii* était soixante-seize; soixante-quatre celui des escaliers qui allaient d'un palier à l'autre, et conséquemment soixante-quatre le nombre des coins (*cunei*).

Les paliers servaient non-seulement de dégagemens, mais Tertullien nous apprend que les personnes qui arrivaient trop tard pour s'asseoir y restaient debout. Ces paliers avaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en largeur et en hauteur un tiers de plus que les gradins : 30,000 spectateurs pouvaient être assis sur les gradins de marbre.

Immédiatement au-dessus s'élève un mur que Calpurnius nomme *balteus* et qui existe encore en partie. Cet auteur dit qu'il reluisait comme s'il eût été couvert de pierres précieuses. Ce mur servait de soubassement aux gradins de bois ; il était percé par seize portes et soixante-quatre fenêtres. La décoration du *balteus* devait être une espèce de mosaïque formée par de gros morceaux de verre colorés, taillés à facettes. Dans l'ouverture des fenêtres devaient être posés des trépieds où l'on brûlait le *crocus* odoriférant et d'autres aromates pour parfumer l'air.

Nous ferons observer ici le discernement exquis que mettaient les anciens dans le choix des ornemens. En effet, ils employaient les revêtemens de marbre précieux, les ornemens délicats de stuc, les sculptures fines et élégantes dans les endroits qui devaient être vus de près par les spectateurs les plus distingués ; tandis que dans les endroits les plus élevés ils suppléaient, par l'éclat de la matière, à la finesse du travail, qui aurait été perdue à une aussi grande distance.

Au-dessus des gradins de bois s'élevait enfin un portique qui formait une couronne majestueuse à l'édifice. Il était composé d'un péristyle de quatre-vingts colonnes de marbre cipolin, couvert d'un plafond et d'un entablement en bois doré. Les femmes étaient assises sous ce portique. On lit dans Suétone... *Fœminis ex loco superiore spectare concessit.* Au-dessus du portique était placé le bas peuple.

En dernier lieu, un peu plus haut, se trouvait un balcon, continué tout autour, et soutenu par de petites arcades im-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

postées sur des modillons saillans. Ce balcon servait aux soldats de marine destinés à la manœuvre du *velarium*, à cause de l'habitude qu'ils avaient de régler les voiles. (Voyez Lampridius, *in Com. a militibus classiariis.*)

L'amphithéâtre était couvert par des voiles (*velarium*). La difficulté de tendre, de soutenir cet énorme *velarium*, était augmentée par la condition imposée de pouvoir le plier et le déplier fréquemment et avec célérité. Suétone nous apprend que Caligula se donnait fréquemment l'étrange et barbare plaisir de faire découvrir instantanément l'amphithéâtre où l'on donnait des combats de gladiateurs, quand le soleil était dans sa plus grande force, et alors de défendre expressément aux spectateurs de quitter leur place.

Examinons quelles pouvaient être les dispositions de ce *velarium*. Dans la partie supérieure de l'enceinte du Colisée on remarque de grands modillons dans lesquels se trouve une cavité; perpendiculairement au-dessus de chacun d'eux, correspond un trou foré dans l'entablement. Ces modillons et ces trous servaient pour y placer des mâts, auxquels devaient nécessairement se rattacher les cordes du *velarium;* l'enceinte totale du Colisée avait deux cent quarante modillons, ainsi deux cent quarante mâts étaient destinés à soutenir le *velarium*.

L'amphithéâtre de Pola et celui de Nîmes ont également des modillons et des cavités à la partie supérieure du mur d'enceinte. Ces monumens ne nous laissent donc plus de doute sur l'existence des mâts qui s'élevaient à des distances égales au-dessus du mur d'enceinte.

Maffei rapporte que dans une fouille que l'on fit dans l'amphithéâtre de Vérone, on retrouva une pierre qui avait appartenu au couronnement de l'édifice et sur laquelle on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remarquait diverses traces formées par le frottement des cordes qui servaient à l'usage du *velarium*. Ces traces indiquent que les cordes n'avaient qu'environ 4 lignes de diamètre.

D'après ces notions, qui sont les seules que les monumens nous aient transmises, voici comment nous procéderions pour établir un *velarium* sur un amphithéâtre de grande dimension.

Nous ferions d'abord construire une ovale dont le diamètre serait le cinquième ou le sixième de celui de l'amphithéâtre. Ainsi, pour le Colisée, cette ovale aurait environ 100 pieds de longueur, mesurés sur son grand diamètre.

L'ovale serait formée de trois rangs de madriers superposés plein sur joints; des boulons traverseraient ces madriers pour les fixer, et seraient terminés par des anneaux auxquels on attacherait les cordes, dont le nombre devrait être égal à celui des mâts placés au sommet de l'amphithéâtre.

A chacun des mâts serait attachée une poulie fixe, dans laquelle on passerait une des cordes dont nous venons de faire mention; alors des hommes appliqués à toutes ces cordes tireraient en même temps; l'ovale s'élèverait, et lorsqu'elle serait parvenue à une hauteur déterminée, on fixerait les cordes et elle se trouverait suspendue. L'ovale et les cordes formeraient alors un tronc de cône renversé, dont la surface supérieure produirait une sorte de plan incliné continu, sur lequel on pourrait étendre une suite de voiles qui couvriraient ce plan incliné. L'ovale restera ouverte par plusieurs motifs: 1° pour laisser écouler l'eau en cas de pluie; 2° pour donner issue aux exhalaisons produites par la grande multitude de personnes réunies; 3° pour laisser introduire une clarté suffisante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cela posé, la manœuvre des voiles est facile à expliquer. Chaque voile a la forme d'un trapèze, et porte en dessous un certain nombre de tringles en fer, parallèles entre elles, et placées perpendiculairement aux cordes qui soutiennent l'ovale; les tringles ont des anneaux que ces cordes enfilent. Des cordes sont attachées au bout inférieur de chaque voile et vont aboutir à des poulies de renvoi attachées aux mâts; une force médiocre, appliquée à ces cordes, suffira pour retirer en arrière la voile, laquelle retombera par son propre poids lorsque les cordes seront lâchées.

Supposons maintenant que le *velarium* soit déployé et qu'il s'agisse de le fermer subitement, il suffira de placer un nombre suffisant d'hommes qui, agissant sur les cordes des voiles, les attireront à eux simultanément et les fixeront. Il est facile d'établir un petit toit qui couvre les voiles fermées et les empêche de se dégrader. Veut-on déployer le *velarium*, on déliera les voiles et elles retomberont sur le plan incliné par leur propre poids.

On voit que, par le moyen que nous venons d'énoncer, la construction et la manœuvre du *velarium*, quelque grand qu'il soit, devient facile.

Cette construction est d'ailleurs la seule qui puisse expliquer d'une manière satisfaisante plusieurs faits que l'histoire rapporte. Martial parle d'un taureau qui fut élevé du milieu de l'arène jusqu'au *velarium*. On lit dans Dion que, dans une fête funèbre donnée par Néron, un éléphant avec son cornac fut élevé au sommet de l'amphithéâtre et ensuite redescendu. Juvénal, dans sa quatrième satire, fait mention de quelques enfans qui furent soulevés jusqu'au *velarium*. Tous ces faits supposent évidemment que l'on pouvait établir solidement sur le *velarium* les appareils nécessaires pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produire ces tours de force. Or, en admettant l'usage de l'ovale, on voit combien il était facile d'y adapter des moufles dont les cordes auraient abouti à des poulies de renvoi suspendues aux mâts. Pour ne pas ébranler le *velarium* durant ces manœuvres, on aurait eu soin de faire agir simultanément des cordes correspondantes à des mâts diamétralement opposés.

En admettant la construction que nous venons d'indiquer, on explique, avec la plus grande facilité, de quelle manière étaient produites ces rosées artificielles en usage dans les spectacles romains, au moyen desquelles on modérait la chaleur. Les historiens nous apprennent que l'on a poussé la recherche jusqu'à donner à cette pluie une odeur agréable en y joignant quelques liqueurs odoriférantes.

Pour produire l'effet indiqué, il suffit d'attacher aux cordes principales qui soutiennent le *velarium*, un tuyau en fer-blanc foré sur sa longueur d'un grand nombre de petits trous, et lequel doit être fermé à son bout inférieur et muni d'un entonnoir à son sommet. Un certain nombre de tuyaux étant ainsi disposé, la rosée artificielle sera produite toutes les fois qu'on les remplira de liqueur.

Les 50,000 personnes qui pouvaient se placer commodément sur les gradins du Colisée, avaient la faculté, sans encombrement, de se mettre à l'abri dans les vastes portiques qui environnaient les gradins au rez-de-chaussée et aux étages supérieurs. Le portique du rez-de-chaussée est double et a 36 pieds de largeur, il tourne tout autour sans interruption; vingt grands escaliers à trois branches de 10 pieds de largeur ont leur entrée sur ce portique. Ces escaliers conduisent au corridor du premier étage, lequel est simple. Outre ce vaste portique, le rez-de-chaussée a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un corridor concentrique qui se trouve sous le milieu des gradins ; 16 grands escaliers, à une seule branche continue, avaient leur entrée sur ce corridor. Ainsi on pouvait monter au premier étage par 36 grands escaliers. Les escaliers des étages les plus élevés et les corridors étaient aussi nombreux que bien combinés.

Théâtres.

Les théâtres des anciens étaient de vastes monumens en marbre ou en pierre dont le plan (pl. XXVII, fig. 1) avait toujours la forme d'un demi-cercle adossé à un parallélogramme; le demi-cercle était découvert et renfermait les gradins sur lesquels se plaçaient les spectateurs. Le parallélogramme avait une toiture qui le couvrait à l'exception de la partie *aa*, qui était l'avant-scène sur laquelle paraissaient les acteurs.

Le théâtre de Bacchus à Athènes est un des premiers théâtres permanens que l'on ait construits en Grèce, il était situé au bas de la citadelle d'Athènes et bâti en marbre blanc. Son grand diamètre, pris extérieurement, était de 247 pieds; les gradins occupaient 143 pieds; de manière que le demi-cercle vide au centre avait 104 pieds de diamètre. Une partie des gradins s'appuyait sur le penchant de la colline sur laquelle la citadelle d'Athènes était placée. Ce théâtre, qui pouvait contenir 15,000 personnes, fut restauré par ordre d'Adrien, l'an 124 de l'ère chrétienne.

Sparte avait aussi un beau théâtre à peu près semblable à celui d'Athènes ; les siéges de ce théâtre étaient creux sur leur largeur et plus bas du devant que du derrière.

Le théâtre d'Herculanum (ville qui fut engloutie sous les laves du Vésuve l'an 69 de l'ère chrétienne) est un des mo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

numens antiques les plus curieux ; quelques parties en sont encore intactes. L'intérieur de cet édifice orné avec richesse, était revêtu de marbre précieux, le pavé de l'orchestre était du plus beau jaune antique. Des peintures et des arabesques couvraient toutes les salles attenantes à ce théâtre.

Le diamètre total du théâtre d'Herculanum était de 234 pieds ; 10,000 spectateurs pouvaient y être placés commodément. Le mur qui entourait la scène, enrichi de colonnes, de niches et de bas-reliefs, formait une décoration somptueuse. On entrait dans le théâtre par sept portes qui répondaient à un corridor où aboutissaient les escaliers.

Il paraît que Rome n'a eu que deux théâtres permanens construits en maçonnerie, celui de Pompée et celui de Marcellus. Le théâtre de Pompée pouvait, dit-on, contenir 40,000 personnes ; il était orné de tableaux, de statues en bronze et en marbre, transportés d'Athènes, de Corinthe et de Syracuse. Il offrait deux particularités remarquables : premièrement, il renfermait dans son enceinte un temple dédié à Vénus Victorieuse ; secondement, un aqueduc portait de l'eau à tous les rangs du théâtre pour la commodité des spectateurs, et pour rafraîchir le lieu.

Le théâtre de Marcellus contenait 22,000 personnes : le diamètre extérieur du demi-cercle était de 417 pieds, celui de l'orchestre de 194 pieds.

L'extérieur de ce théâtre était décoré de deux ordres d'Architecture, l'un dorique et l'autre ionique ; entre les colonnes étaient des arcades qui servaient à éclairer les corridors. La hauteur totale de l'édifice était de 61 pieds.

Les théâtres des anciens se divisaient en général en trois parties (pl. XXVII, fig. 1) : 1° les gradins *cc* où étaient placés les spectateurs ; 2° l'orchestre B ; chez les Grecs, cet espace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

servait aux jeux des *mimes* et des danseurs ; mais chez les Romains, il fut réservé pour les places distinguées, et c'est où se plaçaient les sénateurs et les vestales ; 3° la scène *aa* était entourée de trois côtés d'un mur *dddd*, décoré avec magnificence et percé de cinq grandes portes. Derrière la scène existait un bâtiment couvert qui contenait plusieurs pièces destinées à divers usages.

Les gradins sur lesquels le peuple s'asseyait étaient divisés, comme dans les amphithéâtres par des paliers *(præcinctio)* et par des escaliers qui conduisaient aux portes d'entrée *(vomitorii)*, par où le peuple entrait, sortait et circulait dans tout le théâtre. Dans quelques théâtres un portique s'élevait au-dessus des gradins, qu'il environnait.

Vitruve nous apprend que les Grecs avaient adopté l'usage de placer des vases d'airain sous les gradins, dans des cavités disposées à cet effet ; ils croyaient que ces vases facilitaient la propagation du son. Cet usage était si commun, que les petites villes qui n'avaient point le moyen d'en avoir d'airain, en faisaient faire en poterie. Vitruve donne des détails assez étendus sur les moyens de disposer et de proportionner ces vases.

Voici ce que le même auteur nous apprend dans le livre V relativement aux décorations théâtrales des anciens. « La scène doit être dégagée et disposée de sorte qu'au milieu il y ait une porte comme celle d'un palais royal, et à droite et à gauche, deux autres portes pour les étrangers. Derrière ces ouvertures on placera les décorations que les Grecs appellent περιακτους (que l'on fait tourner), à cause des machines tournantes faites en triangle, sur lesquelles elles sont placées. A chacune de ces machines doivent être adaptées des décorations de trois espèces, qui serviront aux changemens, qui se font en tournant leurs diverses faces ; car cela est nécessaire dans la représenta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion des fables ; elles servent aussi pour faire apparaître des divinités.

» Il y a trois sortes de décorations théâtrales ; la tragique, la comique, et la satirique. Celles qui se rapportent à la première, représentent des colonnades, des frontons, des statues, et, en un mot, les ornemens qui appartiennent à un palais. Les décorations de la scène comique représentent des maisons particulières avec leurs balcons et croisées. La scène satirique est ornée de bocages, de cavernes, de montagnes et d'objets champêtres. »

Le grammairien *Servius* (qui vivait sous Constantin) nous apprend, dans ses Commentaires sur les Géorgiques de Virgile, qu'outre les décorations placées sur les machines triangulaires, les anciens en avaient d'autres posées sur des châssis que l'on faisait couler dans des rainures et qui se tiraient de part et d'autre. Il appelle la première espèce *versatilis*, et la seconde *ductilis*.

Les anciens avaient des rideaux nommés *siparii* pour cacher les changemens de décoration.

On lit dans *Pollux*, écrivain du temps de l'empereur Commode, qu'on voyait dans les théâtres, des machines au moyen desquelles des divinités semblaient descendre du ciel ou arriver du fond des enfers, et que ces machines étaient mues par des contre-poids. *Suétone* rapporte qu'à une représentation théâtrale à laquelle Néron assistait, un acteur qui jouait le rôle d'Icare éprouva malheureusement le même sort, alla tomber près de l'endroit où était l'empereur, et couvrit de sang tous ceux qui étaient autour de lui.

D'après le témoignage de Vitruve, il résulte que le lieu de la représentation était supposé dans l'espace au-delà du mur *dddd* (pl. XXVII, fig. 1), qui circonscrivait l'avant-scène *aa*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette avant-scène, que les Grecs appelaient λογειον, et les Romains *pulpitum*, était élevée de 10 à 12 pieds au-dessus de l'orchestre, avait une largeur égale au double du diamètre de l'orchestre, une profondeur qui équivalait seulement à un cinquième environ de cette largeur. L'avant-scène n'avait point de toit et ne pouvait avoir d'autre couverture que le *velarium*.

Le mur *dddd*, orné avec la plus grande magnificence, était une partie intégrante de l'édifice, et ne devait jamais être caché à la vue des spectateurs, comme plusieurs auteurs l'ont supposé, et notamment *Boindin*, dans un Mémoire inséré dans le premier volume de l'Histoire de l'Académie des belles-lettres. Ce savant croyait que le *siparium* était suspendu aux deux angles de l'avant-scène, d'où on l'abaissait quand on voulait jouer, et on le relevait ensuite quand la pièce était finie.

Cette opinion n'est point admissible par plusieurs motifs :

1°. Les dimensions de ce rideau auraient été immenses, et la longueur de celui du théâtre de Marcellus aurait dû être de 200 pieds à peu près. Comment imaginer qu'un objet si pesant et si volumineux ait pu être manœuvré sur le devant de l'avant-scène, laquelle, n'ayant point de toit, ne pouvait offrir des points de suspension ni assez solides, ni assez nombreux.

2°. Si la supposition de *Boindin* était valable, dans ce cas, à quoi auraient servi les revêtemens de marbre précieux, les colonnes, les statues, les bas-reliefs qui ornaient avec tant de somptuosité le mur qui entoure trois côtés de l'avant-scène? Nous ne pouvons douter de cette somptuosité; car non-seulement le témoignage de Vitruve en fait foi, mais les débris antiques du théâtre d'Herculanum l'attestent d'une manière indubitable.

Boindin est tombé dans une erreur encore plus grave; il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suppose que les décorations étaient placées en avant du mur du fond de l'avant-scène.

Il est d'autant plus nécessaire de combattre cette supposition, qu'elle a été adoptée sans examen par quelques auteurs estimés, qui ont écrit postérieurement. *Boindin* ne l'aurait pas admise, s'il eût réfléchi aux dimensions colossales des théâtres antiques, dont l'ouverture de l'avant-scène avait, en terme moyen, plus de 200 pieds de largeur sur 60 d'élévation; tandis que l'ouverture de l'avant-scène de la salle de l'Opéra n'a que 44 pieds de largeur sur 36 de hauteur. La profondeur du *pulpitum* n'était, dans les théâtres antiques, que de 25 à 30 pieds; et la profondeur des théâtres modernes au-delà du rideau, surpasse ordinairement 100 pieds. D'autre part, les théâtres anciens, étant découverts, ne présentaient, en deçà du mur du *proscenium*, aucun autre point d'appui solide que ce mur même.

Cette disposition du théâtre des anciens ne permettait nullement de placer les décorations en avant du mur du *proscenium,* qui (comme nous l'avons déjà dit), décoré avec magnificence, était destiné à être continuellement exposé aux yeux du public. Il serait absurde de croire que les anciens l'eussent embelli avec autant de recherche, si, de même que le mur du fond de nos théâtres, il eût été caché, ou par le rideau, ou par les décorations. Mais l'absurdité la plus choquante résulte des énormes dimensions qu'auraient dû avoir les châssis et les feuilles de décoration, si l'opinion de Boindin était admissible. Toute personne qui a quelques connaissances des constructions théâtrales, comprendra l'impossibilité de former et de manœuvrer des feuilles de décoration de 60 pieds de hauteur, sur 25 ou 30 de largeur.

Les décorations étaient placées au-delà du mur du *prosce-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

num (pl. XXVII, fig. 1), sur des supports *vvvv* tournans et triangulaires. Ces supports, dont chacun soutenait trois feuilles de décoration, étaient placés derrière les cinq grandes ouvertures percées dans le mur, au-delà duquel la scène ou le lieu de la représentation était supposé se trouver. Les acteurs sortaient, il est vrai, hors de ce lieu et venaient déclamer sur le *pulpitum*, pour se rapprocher davantage des spectateurs; de la même manière que nos acteurs modernes viennent sur l'avant-scène, et s'avancent souvent vers la rampe, quoique cette partie soit hors des limites des décorations, et se trouve correspondre sous l'ouverture de l'avant-scène, laquelle, ainsi que le mur du *proscenium* antique, est revêtue d'ornemens permanens, qui n'ont aucun rapport avec les décorations peintes.

Ainsi, le *pulpitum* remplissait le même objet que l'avant-scène actuelle, le mur du *proscenium* formait la façade permanente de la scène, qui, à cause de sa grande étendue, était percée de cinq ouvertures, au lieu que la façade de l'avant-scène actuelle, étant incomparablement plus petite, n'a qu'une seule ouverture. Il résulte de cette disposition que chacune des cinq ouvertures du *proscenium* devait avoir un rideau (*siparium*), que l'on élevait ou que l'on baissait au commencement ou à la fin des entr'actes; et on voyait à travers, le lieu de la scène figuré sur les toiles peintes adossées aux supports tournans.

Odéon.

On appelait ainsi un théâtre couvert destiné pour les exercices de chant, de musique instrumentale et de déclamation, qui exigeaient une enceinte couverte et moins étendue que celle des grands théâtres dont nous venons de parler.

On voit encore à Athènes les débris de l'*Odéon* que Périclès fit construire. Le plan de cet édifice était ovale; une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie reposait sur le roc et le reste sur un soubassement formé de gros blocs de pierres de taille; au-dessus de ce soubassement s'élevait une colonnade qui entourait l'édifice. Périclès fit usage des mâts enlevés des navires pris sur les Perses pour former le comble de ce théâtre, qui se terminait en pointe.

L'Odéon d'Athènes servit aux jeux de musique établis par Périclès pour les fêtes des Panathénées, où il fut lui-même nommé juge et distributeur des prix. Cet édifice subsista jusqu'au temps de la prise d'Athènes par Sylla. Alors *Aristion*, qui commandait dans cette ville, fit brûler le comble de l'*Odéon*, de peur que l'ennemi ne profitât des pièces de charpente qui le composaient pour assiéger la citadelle. L'*Odéon* fut ensuite rétabli par Ariobarzane Philopator.

Un *odéon* fait partie des débris intéressans que l'on admire à Pompéia. Ce petit théâtre était couvert, comme le prouve une inscription que l'on y a trouvée; il était, ainsi que le grand théâtre, annexé à la caserne des prétoriens.

Théâtres modernes.

L'Opéra, spectacle mêlé de musique, de chant, de danses et de machines théâtrales, prit naissance en Italie au commencement du sixième siècle. En 1516 on représenta, devant le pape Léon X, la comédie de la *Calandra*, qui était en musique; les décorations dont on se servit à cette époque furent peintes par *Baltazar Peruzzi*, excellent peintre et grand architecte.

La célèbre Académie Olympique ayant été fondée à Vicence l'année 1555, les statuts de cette société littéraire prescrivaient que l'on s'occuperait de la déclamation, et que de temps à autre on représenterait des tragédies intéressantes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et instructives. L'Académie fit d'abord construire un théâtre en charpente ; puis elle chargea le fameux *Palladio* de tracer le plan d'un théâtre permanent ; en effet, ce grand architecte fit construire en 1580 un magnifique théâtre qui subsiste encore en bon état et qui forme un objet d'admiration pour les amateurs de la belle Architecture.

Le théâtre olympique est le premier théâtre moderne qui ait été construit : cependant il surpasse encore tous les théâtres connus par sa solidité, sa beauté et sa magnificence. Palladio a adopté, pour le théâtre olympique, la forme et la disposition des théâtres romains, et il a suivi les préceptes donnés par Vitruve.

La partie de ce théâtre destinée aux spectateurs est une demi-ellipse, dont le grand diamètre, qui se trouve sur l'alignement de l'avant-scène, a environ 100 pieds ; 13 gradins sont distribués autour de la demi-ellipse, et l'orchestre, qui se trouve compris entre les gradins et l'avant-scène, a 54 pieds de diamètre.

Au-dessus du dernier degré s'élève une colonnade d'ordre corinthien qui règne sur toute l'enceinte des gradins, et qui produit un effet admirable ; la colonnade est surmontée d'une balustrade garnie de statues.

L'avant-scène (*pulpitum*) a une ouverture de 70 pieds, et 20 pieds de profondeur ; un mur orné avec magnificence forme le fond et les côtés latéraux de cet espace. Deux ordres d'Architecture, des bas-reliefs et des statues décorent ce mur, qui est percé de cinq portes, savoir, trois sur la face et deux aux ailes en retour. Toutes ces portes donnent entrée à des rues où sont représentés en relief des temples, des palais et des maisons. Ces décorations ont été exécutées d'après les dessins de Scamozzi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La hauteur de la salle est de 52 pieds du dessus du pavé au-dessous du plafond, dont environ 18 sont occupés par les degrés, 20 par la colonnade, de sorte qu'il reste environ 14 pieds de vide entre cette dernière et le plafond de la salle.

Plusieurs motifs ont empêché d'adopter, pour les théâtres qui furent bâtis postérieurement, la forme si élégante, si noble et si régulière du théâtre de Vicence. Les principaux sont, 1° le goût des représentations théâtrales à machines, qui ne peuvent avoir lieu sur un théâtre ainsi distribué; 2° l'usage que les gens riches ont adopté d'avoir des loges à leur disposition.

Le second théâtre permanent fut celui de Parme, que les princes de la maison Farnèse firent construire vers l'an 1600. C'est le plus grand des théâtres modernes, puisqu'il peut contenir plus de 10,000 spectateurs.

La salle, demi-circulaire, est garnie de quatorze rangs de gradins qui servent de soubassement à deux ordres d'Architecture superposés qui supportent des galeries. Au bas des galeries règne une balustrade sur les socles de laquelle sont placées des figures d'enfans qui portent des candélabres pour éclairer la salle.

Dans le milieu du rond-point de la salle est placée la loge du prince. L'avant-scène forme deux retours d'équerre de chaque côté, et elle est décorée d'un grand ordre corinthien dans les entre-colonnemens duquel sont placées des statues. La scène a 120 pieds de profondeur sur 93 de largeur. Ce bel édifice est très dégradé, et on n'y joue plus depuis 1733, parce que les représentations y sont trop dispendieuses.

L'ancien théâtre de Milan fut construit à peu près à la même époque, c'est-à-dire vers 1600. Il a été détruit par un incendie en 1779, rebâti dans la même année avec plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de magnificence; il a reçu depuis de grandes augmentations dans la partie postérieure; il partage maintenant avec le théâtre de Saint-Charles à Naples (nouvellement reconstruit) la prééminence sur tous les autres théâtres d'Europe pour la grandeur et la magnificence.

Le théâtre de Saint-Cassano à Venise fut construit en 1637. Ce fut le premier disposé de manière à recevoir de nombreuses machines pour les changemens à vue.

Le théâtre de Modène, construit en 1638, servit de modèle au théâtre que Louis XIV fit bâtir aux Tuileries, sous la conduite d'Avanzini. Cette salle, qui a été renouvelée depuis, était appelée communément la *Salle des machines*, parce que le célèbre *Servandoni* (architecte du portail de Saint-Sulpice) y donna des spectacles de décorations et de machines qui eurent beaucoup de célébrité.

Le théâtre de Turin (représenté pl. XXVII, fig. 2) est un des plus remarquables d'Italie par sa grandeur, sa beauté, par le nombre de ses issues et des pièces de commodité qui l'accompagnent; il est attenant au palais du roi, qui peut venir dans sa loge sans sortir de son appartement. La fig. 4 représente le plan du théâtre des Variétés à Paris; et la fig. 3, le nouveau théâtre Valle à Rome.

Voici une description sommaire du théâtre de Turin, qui fut construit en 1740, sur les dessins du comte *Alfieri*. Il occupe un emplacement de 252 pieds de long sur 100 de large. Des arcades permettent aux voitures d'arriver jusqu'au vestibule. La salle a la forme d'un fer à cheval; elle est garnie de six rangs de loges de trente-une chacun, à l'exception du deuxième et du troisième rang, qui n'ont que vingt-six loges, pour laisser libre l'emplacement qu'occupe la loge du roi, qui est un magnifique salon de 18 ou 20 pieds de diamètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les loges ont chacune 6 pieds de largeur sur 6 pieds et demi de hauteur. Quatre escaliers, placés aux angles extérieurs de la salle, conduisent aux corridors qui entourent les loges. Les cloisons des loges sont convergentes au théâtre; mais on a eu soin d'éviter toute espèce d'angles aigus, qui auraient pu absorber les sons et en empêcher la continuité.

L'orchestre est placé sur une voûte renversée, dont la disposition sert au renvoi des sons, et elle est bombée du côté du parterre, ainsi que toutes les banquettes qui y sont placées. L'avant-scène a 42 pieds d'ouverture en largeur et 39 pieds de hauteur à partir du bord supérieur de la rampe, qui est élevée de 5 pieds et demi au-dessus du sol de la salle.

La scène a 106 pieds de profondeur; elle forme deux parties, dont la première a 76 pieds de largeur sur 72 pieds de profondeur, et l'autre n'a que 48 pieds de largeur. Le mur du fond donne sur une cour de 24 pieds de profondeur qui peut servir à prolonger la scène, et dans laquelle on peut faire des feux d'artifice. A côté de cette cour est pratiquée une rampe par laquelle on peut faire entrer les chevaux.

L'Italie possédait plusieurs salles de spectacle magnifiques, et Paris n'avait encore qu'une salle très mesquine, connue sous le nom d'Hôtel-de-Bourgogne, lorsque Louis XIV, en 1660, fit venir un architecte italien pour construire la salle des Tuileries. Plusieurs salles fort belles existent maintenant dans cette ville; mais toutes laissent beaucoup à désirer, et aucune n'a un caractère monumental qui soit en harmonie avec la grandeur et la magnificence de la capitale de la France.

La nouvelle salle de l'Opéra présente une façade élégante,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un foyer magnifique, un grand vestibule, des dégagemens amples et commodes; mais la salle a le défaut commun à toutes les salles de Paris, elle n'est point assez spacieuse comparativement au nombre des places qu'on y a disposées; il en résulte que les spectateurs y sont trop accumulés, surtout au parterre.

Sous ce rapport, les salles, en Italie, offrent bien plus de commodité: 1° les banquettes ne sont pas si rapprochées; 2° elles ont des dossiers, et dans quelques théâtres les places sont séparées par des appuis latéraux; 3° on a ménagé (au milieu et autour des banquettes) un espace libre pour pouvoir circuler, entrer et sortir, sans gêner et salir un grand nombre de personnes, et sans être obligé d'enjamber plusieurs banquettes. Les loges, amples et commodes, sont autant de petits salons décorés de draperies et de glaces. Au théâtre de Milan chaque loge a, au-delà du corridor, un petit cabinet qui lui appartient.

Les grandes salles de théâtre maintenant en usage, ne contiennent que trois ou quatre mille spectateurs; elles sont composées de trois parties bien distinctes: 1° la salle, 2° le théâtre, 3° les vestibules, foyers, loges d'acteurs et autres pièces accessoires.

La forme la plus généralement adoptée est celle d'un fer à cheval. Les trois principales dimensions de la salle, c'est-à-dire la longueur, la largeur et la hauteur, doivent être à peu près égales. Dans les plus grandes salles connues, chacune de ces dimensions n'excède guère 60 pieds.

Les grandes salles d'Italie ont six rangs de loges uniformes, séparées par de simples cloisons, et dont la devanture est ornée de draperies.

L'ouverture de l'avant-scène est à peu près carrée, et rare-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment on lui donne 50 pieds de largeur. Cette partie doit être décorée avec magnificence.

Il est essentiel que le théâtre ait une grandeur suffisante pour le jeu des machines; ses dimensions dépendent de celles de l'ouverture de l'avant-scène. L'expérience a démontré que la largeur la plus convenable d'un mur du théâtre à l'autre, en dedans d'œuvre, est le double plus un cinquième de celle de l'ouverture de l'avant-scène, et que cette largeur donne le moyen de manœuvrer les machines avec facilité et sans danger. Les choristes, les danseurs, les comparses, trouvent à se placer sans gêner les ouvriers du théâtre.

Il faut autant d'élévation au-dessus de la plate-bande ou voussure de l'avant-scène, qu'il y a de hauteur depuis le plancher de l'avant-scène jusqu'à la plate-bande. Cette élévation, sous le comble, se nomme *cintre*.

La profondeur, sous le théâtre, doit aussi être égale à la hauteur de l'ouverture de l'avant-scène. Avec de telles dimensions, une décoration peut monter de dessous et en descendre tout entière du cintre.

La longueur doit être au moins double de la largeur de l'avant-scène, non compris l'espace depuis le rideau jusqu'à la rampe des lumières, qui forme le bord du théâtre, laquelle est en saillie sur l'orchestre et a une forme convexe.

Le plancher doit s'ouvrir dans toutes ses parties, et cependant il doit être construit avec la plus grande solidité. Il est couvert de planches mobiles en bois de sapin, de 15 lignes d'épaisseur, bien sèches et sans nœuds. Ces planches sont soutenues par de fortes poutres ou sablières qui sont placées suivant la distribution des *rues* ou *plans du théâtre;* on appelle ainsi les lieux où se meuvent les châssis des décorations. Chaque rue sert ordinairement à trois châssis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chaque côté, et a trois fentes des deux côtés; dans quelques théâtres elle n'a que deux de ces fentes des deux côtés.

Le théâtre de l'Opéra est distribué sur treize rues ou plans. Dans chaque rue on distingue des *fermes*, des *trappes*, des *trapillons* et des *châssis*. On entend par *fermes* l'assemblage de six sablières qui occupent une largeur de 3 pieds; elles laissent entre elles cinq intervalles, dont le premier, le troisième et le cinquième servent pour le passage des châssis, et ont 14 lignes de largeur; les deux autres ont 8 pouces chacun.

La distance entre une ferme et une autre est de 3 pieds 4 pouces. Elle est couverte par les trappes, qui ne sont autre chose que des tables qui ont environ 3 pieds 8 pouces de longueur. Les trapillons sont les planches qui couvrent les vides que laissent entre elles les sablières qui composent une ferme.

Les trappes et les trapillons forment le plancher du théâtre, et sont posés de manière qu'ils peuvent se placer et se déplacer à volonté, dans toute la partie du théâtre comprise entre les lignes qui marquent les limites des décorations; mais ils sont fixés à demeure dans les parties latérales au-delà de ces lignes.

La mobilité des trappes donne lieu d'établir instantanément des vides pour donner passage aux objets qui doivent monter du dessous et paraître sur la scène.

Sous le plancher du théâtre se trouvent deux ou trois autres planchers qui servent au jeu des machines. Tous ces planchers sont soutenus par des sablières qui correspondent bien exactement à celles qui composent les fermes du plancher principal. Des poteaux soutiennent les sablières à 7 pieds de distance l'un de l'autre; ils ont de 4 à 6 pouces de gros-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seur et une longueur de 18 à 24 pieds. De grosses pièces de bois nommées *plates-formes* servent de base à ces poteaux, et elles reposent sur des petits murs en maçonnerie. Ces mêmes plates-formes servent en outre de supports à plusieurs, rangs de treuils, au moyen desquels on fait mouvoir les châssis des décorations.

En posant la charpente des planchers on doit avoir la précaution de donner aux parties verticales 2 pouces environ de surplomb, vers le fond du théâtre, pour qu'elles puissent mieux résister aux mouvemens que la scène éprouve dans les manœuvres journalières, et qui tendent, à cause de la pente du théâtre, à les faire pencher vers l'orchestre.

Les châssis de décoration sont placés sur des chariots qui se meuvent sur le plancher immédiatement au-dessous de celui du théâtre.

Les écartemens d'une rue à l'autre sont entretenus dans le vide des trappes, par des *entre-toises* en bois, servant de solives pour tous les planchers; ces entre-toises sont fixées entre les sablières par des crampons de fer qui entrent très juste dans les *gâches* arrêtées aux sablières. Des crochets en fer sont placés dans les espaces des trapillons, pour en empêcher l'écartement. Les planchers inférieurs sont couverts de planches de sapin assemblées à rainures et à languettes.

Nous avons dit que chaque ferme du plancher supérieur est composée de six sablières; les fermes correspondantes des autres planchers ne sont composées que de trois sablières; mais celles-ci ont 8 pouces de largeur sur 5 de hauteur, tandis que les premières n'ont qu'environ 3 pouces d'équarrissage; elles sont accouplées deux à deux pour former une rainure dans laquelle se meut un châssis de décoration. Dans les sablières du premier plancher en dessous, sont encastrées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des barres de fer sur lesquelles se meuvent les roulettes des chariots.

Deux planchers sont placés sous le comble, pour servir à la manœuvre des rideaux et des décorations du haut. Sous ces planchers se trouvent quatre corridors adossés aux murs, deux de chaque côté, et plusieurs ponts volans sont suspendus à la charpente du toit. Des escaliers sont placés aux quatre angles du théâtre, pour monter aux corridors et aux planchers du comble.

Les premiers corridors suivent dans leur longueur une pente semblable à celle du théâtre, et cela pour que tous les châssis puissent passer également dessous. C'est sur ces corridors que se placent les ouvriers qui doivent lâcher les cordes de retenue des machines du haut.

Les corridors supérieurs sont de niveau sur leur longueur, ils portent tous les contre-poids, les treuils et leurs équipages; des échelles sont fixées en dehors tout le long de ces corridors, pour pouvoir monter dans tous les endroits du comble.

Le premier plancher du comble se nomme *le gril*, parce qu'il est à claire-voie et que les planches qui le couvrent sont placées à distances égales. Ce plancher est destiné à porter les cylindres, les moufles et les cordages qui font mouvoir le rideau, les toiles du fond, les plafonds et les bandes d'air. Les solives de ce plancher sont espacées à 2 pieds 9 pouces l'une de l'autre, et ont de 5 à 7 pouces d'équarissage.

Le second plancher est également fait en gril et semblable au précédent. Son usage est de recevoir les machines qui enlèvent les plafonds des salles de bal, de concert, et tous les autres objets qui se rapportent à un service extraordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au-dessous du premier plancher et entre les corridors sont suspendus des ponts de communication de deux espèces. Les uns, à demeure, sont en sapin, ont 15 pouces de large sur une longueur égale à la distance entre les corridors. Ils sont portés par des pièces de bois pendantes fixées solidement aux solives du plancher par des étriers en fer. Des deux côtés de chaque pont sont attachés des appuis ou gardes-fou en bois. Ces ponts sont placés ordinairement à 6 pieds sous le plancher; ils servent particulièrement aux ouvriers chargés de régler toutes les toiles.

Les autres ponts sont *volans* et ne sont suspendus que par des cordages; ils n'ont d'autre appui ou garde-fou qu'une corde tendue horizontalement. On les fait de planches de sapin de 16 pouces de large sur 15 lignes d'épaisseur; ils servent aux allumeurs, qui se placent dessus pour faire le service des lumières qui doivent éclairer les plafonds et les bandes d'air.

Les fermes de charpente qui soutiennent le comble d'un grand théâtre ont une grande portée et doivent soutenir un grand poids. On calcule que chaque ferme du théâtre de l'Opéra porte habituellement un poids de trente milliers. On ne saurait donc employer trop de soin pour les rendre solides sans qu'elles soient massives.

Les fermes du comble doivent correspondre à l'espacement des rues et être parallèles à leur direction. Ainsi, si les rues ont 6 pieds 4 pouces de largeur, l'espace d'une fenêtre à l'autre sera de 12 pieds 8 pouces de milieu en milieu. Le milieu de la première ferme, vers l'avant-scène, doit correspondre à un pied au-devant du premier châssis au deuxième plan, et les autres seront placés, comme nous l'avons dit, de 12 pieds 8 pouces en 12 pieds 8 pouces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La correspondance exacte des fermes avec les rues du théâtre est indispensable pour que les toiles du comble se combinent convenablement avec les feuilles de décoration placées sur le châssis d'en bas.

On diminue la portée du comble en élevant perpendiculairement deux gros poteaux posés sur un mur en maçonnerie, pour soutenir chaque ferme. Il faut que ces poteaux soient placés de telle manière qu'ils ne puissent gêner le jeu des décorations. Dans quelques théâtres, au lieu des poteaux, on a construit des murs percés d'arcades. L'espace derrière les poteaux ou bien derrière les murs en arcades, sert à ranger, case par case, les châssis de chaque décoration.

Au fond du théâtre et à 6 pieds du mur principal, on pratique dans toute la largeur, jusqu'à l'aplomb des corridors du cintre, un couloir qui doit avoir 8 pieds de haut, afin que les troupes armées y passent aisément, lorsqu'elles doivent défiler à plusieurs reprises sur le théâtre. Au-dessus du couloir on fixe dans le mur, de 6 pieds 6 pouces en 6 pieds 6 pouces, des tablettes pour y déposer les toiles à l'usage des cintres, plafonds et rideaux.

Le plancher du théâtre doit être exactement de niveau dans sa largeur, et sur sa longueur il doit être en plan incliné et avoir la pente d'un demi-pouce par pied.

Des pièces accessoires annexées au théâtre.

Un théâtre organisé à l'instar de l'Opéra de Paris, doit avoir un grand nombre de pièces à l'usage des acteurs. Il lui faut, 1° deux foyers, l'un pour la danse et l'autre pour les acteurs chantans. Ils auront chacun au moins 36 pieds de longueur sur 20 de largeur. Le foyer de la danse aura un plancher convenablement élastique et dont la pente sera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la même que celle du théâtre. Une grande glace sera située au bas de la pente, pour que les danseurs puissent se voir en pied ;

2°. Cinquante ou soixante loges d'acteurs, distribuées à différens étages dans les ailes de la salle et des deux côtés du théâtre;

3°. Deux grandes loges pour les choristes; l'une pour 24 hommes, et l'autre pour autant de femmes ;

4°. Deux grandes loges pour habiller, dans chacune, 150 comparses ; elles seront accompagnées d'un magasin pour y placer les armes et les autres objets ;

5°. Deux loges pour y habiller 20 petits garçons et 20 petites filles ;

6°. Deux pièces voisines du théâtre pour y déposer momentanément les guirlandes, les corbeilles et autres accessoires qui doivent servir dans le cours de la représentation.

Des magasins pour les décorations devraient être annexés au théâtre ou placés dans un édifice voisin.

La commodité du public exige plusieurs autres pièces vastes et convenablement ornées :

1°. Un grand vestibule ou galerie couverte pour abriter les personnes qui sont à la queue, attendant la distribution des billets.

2°. De grandes arcades séparées de ce vestibule permettront aux voitures de se présenter à couvert devant une des portes du second vestibule, et de sortir sans encombrement.

3°. Le second vestibule aboutira à de grands escaliers conduisant au parterre et aux loges. Ce vestibule, qui devra être bien chauffé l'hiver, sera garni, dans son pourtour, de siéges commodes à l'usage des dames qui, à la sortie du spectacle, attendent leurs voitures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4°. Un vaste foyer accompagné d'une salle de restaurant et d'un café sera placé au premier, au-dessus du vestibule. Ce foyer doit être disposé de manière à pouvoir servir de salle de concert.

5°. Des escaliers aussi vastes que commodes aboutiront aux corridors environnant les loges; ces corridors seront spacieux, surtout aux premières et aux secondes loges, où la circulation est plus active.

6°. A chaque corridor devront correspondre plusieurs cabinets d'aisance, rendus inodores par le procédé de M. d'Arcet, car il est essentiel d'éviter soigneusement toutes les odeurs et les émanations désagréables près d'une salle dont l'air se trouve déjà vicié par la multitude de personnes qui y sont concentrées.

Aucune salle de spectacle ne doit être dépourvue de ventilateurs. Pour purifier l'air, et établir la ventilation, il suffit d'établir des tuyaux qui partent du plafond de la salle et vont aboutir à un fourneau d'appel qui attire l'air corrompu, lequel est remplacé par l'air pur introduit par d'autres tuyaux qui communiquent du dedans au dehors.

S'il est important de renouveler l'air, il ne l'est pas moins de prévenir les vents coulis, qui sont si incommodes et si nuisibles. A cet effet il faut que le dessous du plancher du parterre soit plafonné pour fermer le passage à l'air. (Ce plancher doit être en pente vers le théâtre d'un pouce et demi par pied.) Les portes de la salle devront être garnies de tambours et de portes battantes. Il serait utile que l'intérieur des loges fût plafonné.

M. Boullet (*a*) suggère de chauffer la salle du théâtre et la

(*a*) *Essai sur l'Art de construire les théâtres.* Cet ouvrage intéressant nous a fourni plusieurs des détails exposés précédemment.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

scène par des fourneaux placés dans les souterrains. Ces fourneaux, renfermés dans une pièce voûtée, seraient posés sur des pieds élevés, dans de larges cuvettes de plomb, entretenues pleines d'eau. Des tuyaux de chaleur partiraient de ces fourneaux et aboutiraient dans la salle, sur le théâtre, dans les escaliers et les corridors.

Moyens de préserver les théâtres du danger du feu.

Le feu étant l'ennemi le plus redoutable des salles de spectacle, on ne saurait employer trop de moyens pour le combattre avec avantage. Voici les principaux : Un mur séparera la salle d'avec le théâtre; il n'aura d'autre ouverture que celle de l'avant-scène, qui peut se fermer complètement à l'aide d'un rideau métallique. Ce mur s'élève au-dessus du toit; il est terminé par des degrés praticables de chaque côté, afin de présenter, en cas d'incendie, un accès facile aux pompiers. Un autre mur entoure la salle et le théâtre, et les sépare des loges d'acteurs et autres pièces de service. On conçoit combien ces murs sont utiles pour arrêter la propagation du feu et pour limiter les effets funestes d'un incendie.

Il importe essentiellement qu'une salle de spectacle ait plusieurs réservoirs d'eau, lesquels doivent être établis, soit sous le théâtre, soit dans le haut. Ces derniers seront placés au sommet des quatre escaliers de service, qui doivent se trouver aux angles du théâtre. Ces réservoirs seront constamment pleins.

Un corps-de-garde de pompiers doit être annexé à chaque théâtre; il sera voûté solidement, et assez spacieux pour que douze hommes puissent y manœuvrer facilement une grande pompe, toujours en bon état et dont le tuyau aboutira à un puits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici une série de précautions très sages que M. Boullet indique : 1° quatre pompiers veilleront continuellement dans leur corps-de-garde; 2° indépendamment des pompiers, d'autres militaires seront en surveillance perpétuelle à la proximité du théâtre, pour que l'on ait toujours prêts des hommes en état de courir à la pompe; 3° il y aura toujours de garde un ouvrier de chacune des trois parties du théâtre, et un du dessous, parce que l'habitude de leurs travaux leur donne une grande facilité pour se porter chacun dans les manœuvres qu'il connaît parfaitement, et y donner du secours; 4° un grand nombre de seaux pleins d'eau seront placés en divers lieux du théâtre; ils seront munis d'une grosse éponge à l'aide de laquelle il sera facile d'éteindre le feu qui pourrait prendre aux châssis et aux toiles.

M. Boullet a observé que le feu n'a point de prise sur le bois recouvert d'un pouce de plâtre. « J'ai vu, dit-il, après les incendies de trois théâtres où je me suis trouvé, des jambages de pierre réduits en chaux, et des linteaux de bois conservés intacts sous le plâtre. » Il propose conséquemment de revêtir de plâtre les bois qui seront susceptibles de l'être sans nuire aux manœuvres et aux mouvemens des machines.

M. Boullet a observé en outre que l'action du feu n'est pas aussi prompte sur les toiles peintes (à la colle) des deux côtés, que sur celles qui ne le sont que d'un seul côté, et que les premières brûlent très lentement et sans flamme. Cette observation lui fait désirer que les toiles des décorations soient enduites des deux côtés d'une première couche de colle dans laquelle on aura délayé du plâtre très fin passé au sas.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Éclairage des spectacles.

La plupart des salles de spectacle en Italie n'ont point un grand lustre au milieu comme les salles de France. Deux motifs importans l'ont fait exclure : 1° il empêche à un certain nombre de personnes placées dans les loges de bien voir le spectacle; 2° il nuit aux décorations, en détruisant les effets de nuit, de demi-jour et les nuances de lumière nécessaires pour produire l'illusion.

Servandoni, pour concilier la mode, depuis long-temps établie en France, d'avoir un lustre, avec l'avantage de présenter les décorations de la manière la plus favorable, a pris le parti de faire descendre le lustre avant le lever du rideau et dans les entr'actes; mais de le faire remonter sous le plafond toutes les fois que le rideau s'élève. Ce moyen pouvant produire quelque inquiétude aux personnes placées sous le lustre, au parterre, M. Boullet a suggéré de couvrir le lustre, pendant la représentation, par le moyen d'une cloche de gaze bleu clair, que l'on remonterait pendant les entr'actes; cette gaze coulerait sur des fils de laiton. Le lustre, couvert de gaze, maintiendrait un jour doux et égal dans les parties de la salle et ne nuirait pas aux effets du théâtre.

Au commencement du siècle dernier, les salles de spectacle à Paris étaient éclairées d'une manière aussi désagréable que désavantageuse. Un grand nombre de lustres étaient suspendus au plafond; une partie éclairait la scène, l'autre éclairait la salle; ces lustres étant garnis de chandelles de suif, il fallait déranger fréquemment les spectateurs pour les moucher. Les plaintes réitérées du public en firent supprimer plusieurs; alors on suppléa à ceux de l'avant-scène, par les lampions de la rampe, et on substitua la cire au suif. On s'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déterminé ensuite à réunir en un seul tous les lustres de la salle. Les quinquets remplacèrent la cire; et en dernier lieu, le gaz hydrogène fut employé à cet usage.

L'illustre Lavoisier a proposé des moyens pour remédier aux inconvéniens que présente le mode d'éclairage ordinaire, et il a inséré un Mémoire sur ce sujet dans l'Histoire de l'Académie des Sciences, pour l'année 1787.

« La rampe, dit-il, éclaire d'une manière trop vive la partie de la salle voisine du théâtre; l'espèce d'éblouissement qui en résulte, nuit à la distinction des objets placés sur le théâtre. Le lustre étant interposé entre le spectacle et quelques-uns des spectateurs, il est impossible qu'ils n'en soient plus ou moins offusqués; d'ailleurs les rayons qui partent de ce corps éclairant allant frapper l'œil du spectateur dans une direction qui est à peu près la même que celle dans laquelle il voit la scène, les objets placés sur le théâtre en sont obscurcis d'autant, au point même qu'on perd entièrement de vue ceux qui sont médiocrement éclairés. »

Pour remédier à ces inconvéniens, Lavoisier propose de bannir tout lustre, tout corps éclairant de la partie de la salle qui est occupée par les spectateurs, et d'y substituer des lampes à réverbères elliptiques insérées dans le plafond; elles auraient l'avantage de ne dérober à personne la vue d'une partie du spectacle, et d'ailleurs elles rempliraient l'office de ventilateurs. La lumière réfléchie par chacun de ces réverbères partirait du foyer inférieur de l'ellipse pour se répandre avec égalité dans la salle, et il suffirait de les multiplier et de les bien placer, pour éviter les mauvais effets que peuvent produire les ombres projetées du haut en bas. Il serait convenable en outre de placer sur la corniche de la salle des lampes à réverbères, dont la lumière,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dirigée vers le haut, éclairerait convenablement le plafond.

Lavoisier a ensuite examiné si les lumières de la rampe pourraient être disposées d'une manière plus avantageuse qu'elles ne le sont habituellement; et il a reconnu qu'il serait utile de leur adapter des réverbères qui, en réfléchissant tous les rayons lumineux vers le théâtre, produiraient le double avantage de ne point éblouir les spectateurs placés dans la salle et de répandre sur la scène une lumière plus intense. Les réverbères devraient être construits de manière à éviter la déperdition des rayons lumineux qui se dissipent au-dessous du plan horizontal.

Il n'est pas moins important d'établir des réverbères aux lumières placées derrière les châssis pour éclairer les décorations; car la partie de la sphère lumineuse qui tombe sur le châssis auquel elles sont adossées, est en pure perte; non-seulement il y a économie dans ces cas à employer des réverbères, mais il en résulte un avantage réel du côté de l'effet. Pour rendre cet avantage encore plus précieux, Lavoisier propose que le réverbère soit mobile, de manière que l'on puisse diriger à volonté une plus grande masse de lumière vers la partie de la décoration qui doit être plus fortement éclairée.

Les toiles du fond sont rarement bien éclairées, surtout si le théâtre a beaucoup de largeur. Cette partie de la décoration, qui est toujours vue de face et qui représente des perspectives et des lointains, est une des plus importantes relativement à l'illusion qu'elle doit produire sur les spectateurs; il est donc nécessaire qu'on puisse l'éclairer plus ou moins à volonté, et ce ne sera que par ce moyen que l'on pourra rendre avec vérité les divers instans du jour, l'ardeur du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soleil, la lumière sombre d'un orage ou d'une tempête, un lever ou un coucher du soleil, une nuit, un clair de lune, etc. Ces différens objets peuvent se remplir d'une manière très simple, par le moyen de réverbères paraboliques, ou même simplement sphériques, placés au-dessus de l'avant-scène, en dedans du théâtre, dans la partie que l'on appelle le *cintre*.

Ces réverbères seraient mobiles, afin de diriger la lumière dans les parties qu'on jugerait à propos d'éclairer le plus; des gazes plus ou moins épaisses, qu'on pourrait légèrement colorer, des toiles claires que l'on baisserait par devant pour intercepter plus ou moins la lumière, formeraient le degré de nuit ou d'obscurité que l'on jugerait à propos, et donneraient à la lumière toutes les teintes que les circonstances pourraient exiger.

Lavoisier prescrit de ne pas se servir de réverbères planés, dont la courbure n'est jamais parfaitement exécutée; mais de donner la préférence à ceux fondus, surtout pour les grands réverbères qui ne doivent point être déplacés.

Salles de danse.

Un cercle inscrit dans un carré forme le plan le plus convenable pour une salle de danse; une galerie soutenue par des colonnes doit régner tout autour et former un grand balcon ou loge continue, où l'on montera par quatre escaliers pratiqués dans les espaces angulaires compris entre le cercle et le carré. Sur ce balcon pourra être placé l'orchestre, et le surplus sera accessible au public, qui jouira du spectacle de la danse sans gêner les danseurs et sans en être gêné. Les autres spectateurs pourront se placer sous le portique qui soutient le balcon, dont le sol sera élevé de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux ou de trois marches au-dessus du niveau de la salle. Le plancher doit être couvert de planches de sapin sans nœuds, et assemblées avec soin à languettes et à rainures, pour qu'il ait l'élasticité convenable.

Une voûte sphérique, soit en maçonnerie, soit *postiche*, couvrira la salle, aura une ouverture vitrée à son sommet et sera ornée d'un compartiment de caissons contenant des bas-reliefs ou des rosaces. De nuit, la salle sera éclairée par des lustres suspendus dans les entre-colonnemens. Des banquettes bien rembourrées seront disposées dans le pourtour, sous le portique, à l'usage des spectateurs et des danseurs qui veulent se reposer.

Des vestibules précéderont la salle, qui sera accompagnée d'un café et d'un buffet. Les vestibules auront, de chaque côté, des couloirs qui conduiront à des cabinets d'aisance inodores.

Salles de concert.

Une forme circulaire est également la plus convenable pour une salle de concert, qui pourra avoir, dans son pourtour, un ou deux balcons soutenus par des modillons élégans, et dont les soffites et les parapets peuvent être décorés avec goût, soit par des rinceaux, soit par des bas-reliefs, soit enfin par des emblèmes analogues à la Musique, à Apollon et aux Muses.

L'orchestre sera situé au milieu sur de larges gradins qui environneront une estrade circulaire plus élevée; sur cette estrade se placeront successivement les chanteurs et les musiciens qui devront exécuter des *concertos*. Les gradins de l'orchestre seront environnés d'une balustrade. Le plancher de la salle sera incliné vers le centre en forme d'entonnoir; on y placera plusieurs rangs de banquettes concentriques;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais on aura soin de couper la continuation des banquettes par quatre ou six rues qui suivront la direction des rayons ; ces rues faciliteront l'entrée et la sortie, sans trop gêner les personnes assises.

Des pièces de commodité, analogues à celles que nous avons indiquées pour une salle de bal, doivent accompagner également la salle de concert.

Waux-Halls.

L'Angleterre a introduit l'usage des Waux-Halls, qui sont de vastes jardins dans lesquels se trouvent distribués avec art des jeux de toutes les espèces. Ces jardins contiennent des lieux disposés pour la danse à découvert, et des salles couvertes pour le même usage. Une salle de concert, des billards, un jeu de paume, des salons pour les rafraîchissemens, un emplacement pour les feux d'artifice, complètent la série des édifices que ces établissemens contiennent ordinairement. Il est essentiel qu'il y ait des lieux couverts assez spacieux pour pouvoir abriter les spectateurs en cas d'orage. Les jardins et les fabriques qui y sont éparses doivent être distribués de la manière la plus favorable pour multiplier les points de vue et pour favoriser l'effet des illuminations de nuit.

L'emplacement pour le feu d'artifice sera précédé d'une place assez étendue pour que les spectateurs puissent bien voir le feu, et à un éloignement assez grand pour éviter les dangers que la chute des baguettes produit communément.

Si le local permet d'établir un petit lac artificiel dans le jardin, on pourrait former, dans le milieu, une île pour le feu d'artifice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette disposition produira le double avantage de rendre l'effet du feu bien plus agréable par sa réflexion dans l'eau, et de prévenir les accidens. D'ailleurs, ce lac offrira le moyen de varier l'amusement du public, par des joûtes, par des courses de petits bâtimens, et autres amusemens de ce genre. On pourra rendre ses rivages extrêmement pittoresques, en y plaçant artistement des rochers, des petits bois, des fabriques de divers genres, servant aux usages que nous avons indiqués ci-dessus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

Édifices consacrés à l'Instruction publique.

Palestres et Xystes.

Chez les Grecs, les *palestres* et les *xystes* étaient des édifices consacrés à l'instruction des jeunes gens de l'un et de l'autre sexe, et aux exercices gymnastiques, qui avaient pour but de donner au corps toute la force, toute l'agilité, toute la souplesse dont il est susceptible. C'est là que la jeunesse, après avoir écouté les leçons des grammairiens, des rhéteurs, des philosophes, s'exerçait à la course et à la lutte, et passait ensuite dans des bains chauds ou froids. Des plantations et des portiques lui offraient en outre une promenade agréable.

Vitruve nous fait connaître cette sorte d'édifice dans le XI^e^ chapitre du V^e^ livre.

« Les palestres, dit Vitruve, doivent avoir des péristyles carrés ou longs, qui aient deux *stades* de tour. Trois des portiques de ces péristyles sont simples; mais le quatrième, qui regarde le midi, est double, afin que le vent ne puisse pousser la pluie jusqu'au fond.

» De grandes salles (*exedræ*) sont disposées autour du portique et servent aux leçons des grammairiens, des rhéteurs et des philosophes.

» Le long du portique double se trouvent les pièces suivantes : savoir 1° l'*ephebeum* (école pour les jeunes garçons);

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est un lieu spacieux rempli de siéges; 2° le *coriceum* (école de filles), et ensuite le *conisterium*, salle ou les lutteurs se disposent au combat.

» A un des angles du portique est le bain d'eau froide, nommé *loutron* par les Grecs. Au côté gauche de l'*ephebeum* est l'*elœothesium* (lieu où étaient déposées les huiles et les essences pour oindre le corps).

» Le *propnigneum* (chambre où était le foyer ou les fourneaux à l'usage des bains) est placé à l'autre angle du portique; à côté se trouve une chambre voûtée, modérément chaude, d'où l'on passe dans le *laconicum* (chambre plus chaude pour suer). Le bain chaud est à côté.

» Au-delà du péristyle se trouvent trois autres portiques, dont un lui est adossé; les deux autres sont situés à droite et à gauche. Celui qui est tourné vers le septentrion a une largeur égale à la longueur des colonnes; l'autre, qui regarde le midi, est simple, mais beaucoup plus large, parce qu'il doit servir de lieu d'exercice à couvert pour les lutteurs pendant l'hiver: à cet effet, le milieu de ce portique est plus bas que le sol environnant, de la hauteur de deux marches; les spectateurs ont ainsi tout à l'entour un espacement plus élevé de dix pieds de largeur. Ce portique, nommé *xystos*, se trouve situé sur un emplacement qui contient des allées de platanes, et où l'on trouve de distance en distance des bancs en maçonnerie pour s'asseoir.

» Auprès de là se trouve le *Stade*, qui est un lieu découvert, disposé pour la course et pour la lutte; il doit être assez vaste pour qu'un grand nombre de personnes puissent assister à ces sortes d'exercice. »

Les édifices immenses nommés *Thermes*, dont on voit encore les débris étonnans à Rome, furent construits sur le modèle des *palestres* des Grecs, mais avec plus d'étendue et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

magnificence. On y voit encore les *exèdres* dont parle Vitruve : c'étaient des niches demi-circulaires très vastes, avec des bancs dans le pourtour. Le *stade* des thermes de Dioclétien subsiste encore en grande partie; mais comme les thermes servaient non-seulement aux mêmes usages que les palestres, mais avaient la destination plus spéciale de bains publics, nous nous réservons d'en parler avec plus de détail dans le chapitre sixième.

Adrien, dans son immense résidence à Tivoli, connue sous le nom de *Ville Adrienne,* a fait construire tous les édifices qui composaient les palestres des Grecs. Cet empereur, qui avait beaucoup de goût pour l'Architecture, s'était proposé d'imiter et de distribuer, dans un parc très vaste, quelques-uns des lieux célèbres et des monumens de la Grèce et de l'Égypte. Voici ce que Spartien nous apprend à cet égard : *Tiburtinum villam mire ædificavit, ut in ea et provinciarum et locorum celeberrima nomina inscriberet, veluti canopum, Pœcilem, Tempe vocaret; et ut nihil præmitteret, etiam inferos finxit.*

Parmi les ruines on distingue l'emplacement de plusieurs *exèdres,* du *stade,* du portique couvert pour les lutteurs, du *péristyle,* ou grande cour environnée de portiques, à côté duquel se trouvaient deux bibliothèques, l'une grecque et l'autre latine, et le logement des professeurs.

L'état de dégradation très avancée dans laquelle se trouvent toutes ces ruines, ne nous permet pas d'en donner des détails plus précis ni plus circonstanciés. Les personnes qui désirent connaître les recherches que les savans et les architectes ont faites à diverses époques sur ces objets, pourront consulter les ouvrages de *Marzi*, *Kircher*, *Cabral*, *Del-Ré*, etc.

Les édifices modernes qui se rapportent à l'instruction publique, sont : 1° les colléges; 2° les universités, accom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnées des cabinets de Physique, d'Anatomie, d'Histoire naturelle, de Mécanique; de jardins de Botanique et d'Agriculture pratique, et d'une grande Bibliothèque; 3° les Écoles de beaux-arts avec les Musées.

Colléges.

Un grand collége doit avoir, premièrement, une cour spacieuse, carrée, environnée de portiques; autour de cette cour, au rez-de-chaussée, seront disposées les classes. La grandeur des classes sera proportionnée au nombre des élèves; leur forme se rapprochera, autant que possible, du carré; leur élévation sera égale au moins à la largeur; elles seront voûtées, et recevront la lumière par de grandes fenêtres demi-circulaires, qui correspondront aux lunettes de la voûte en arêtes du portique. Un rang de bancs sera adossé au mur; un second, un troisième rang, etc., parallèles à celui-ci, s'avanceront vers le centre; ils ne seront point trop accumulés; les siéges auront un dossier et des appuis latéraux; la table, en face, sera inclinée à l'instar d'un pupitre, et aura des tiroirs pour placer les livres et les autres objets servant à l'étude. La chaire du professeur sera placée au fond sur une estrade. On n'oubliera pas d'établir, dans le vitrage des croisées, un ou plusieurs vasistas, pour faciliter le renouvellement de l'air.

Pour chauffer les classes en hiver, le meilleur moyen est d'établir un grand poêle dans une pièce séparée, d'où partiront des tuyaux de chaleur qui aboutiront dans chaque classe. La pièce dans laquelle sera placé le poêle sera assez vaste pour pouvoir servir de foyer pendant les récréations lorsqu'il fait mauvais temps. Aux quatre angles du portique seront placés de grands escaliers pour monter aux étages

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supérieurs ; sous les rampes pourront être placés plusieurs cabinets d'aisance inodores.

Un des côtés du portique contiendra le réfectoire, qui correspondra à une cour destinée pour les cuisines. Le milieu de cette cour, qui devra être aussi vaste que possible, contiendra un potager. Elle aura une entrée particulière, et dans son pourtour se trouveront les cuisines, les lavoirs, la buanderie et le logement des cuisiniers, des domestiques et des personnes de service.

Une troisième cour sera placée du côté opposé, elle aura également une entrée indépendante ; dans le pourtour se trouveront les logemens du proviseur, du censeur, des professeurs, qui pourront être placés au premier et au second étage. Mais au rez-de-chaussée (qui sera assez élevé pour n'être point humide) se trouveront de grandes salles environnées d'armoires numérotées, lesquelles servent pour déposer les effets des élèves. La lingerie sera placée dans une de ces salles, au milieu de laquelle on établira une grande table pour le repassage du linge. A côté des salles susdites se trouveront plusieurs cabinets pour peigner les élèves et pour d'autres usages de propreté. L'infirmerie pourra être située dans le corps de bâtiment dont nous parlons. Cette infirmerie sera composée, 1° d'un certain nombre de cellules qui correspondront à un vaste corridor ; 2° de chambres pour les gardes-malades ; 3° d'une cuisine pour faire chauffer les tisanes et pour préparer les médicamens ; 4° d'une salle à manger et d'une salle de récréation pour les convalescens.

La salubrité et les mœurs s'opposent également à l'usage des *dortoirs*, où les élèves couchent en commun. Chacun d'eux doit avoir une cellule séparée ; toutes ces cellules auront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur entrée sur un vaste corridor, au bout duquel se trouveront les chambres des maîtres du quartier.

Un jardin doit être annexé au Collége; on disposera dans ce jardin un jeu de paume, des balançoires, des jeux de bague, un local pour s'exercer au tir de l'arquebuse, une espèce de stade destiné pour la course; enfin, on y réunira tous les amusemens qui contribuent à développer et à perfectionner les facultés physiques.

Un grand Collége aura aussi son école d'équitation, composée d'un manége couvert, autour duquel seront les écuries et le logement des personnes attachées à cet établissement.

Une salle pour le Dessin, une pour la Musique, et un petit théâtre, complètent l'ensemble des parties qui composent un grand Collége.

Universités.

Par ce nom nous désignons spécialement le local où l'on enseigne les hautes sciences. Il arrive rarement que l'on puisse renfermer dans une seule et même enceinte les vastes et nombreuses parties qui composent une Université complète; car l'enseignement de plusieurs sciences exige des collections dont chacune occupe un grand local.

La Physique expérimentale requiert un amphithéâtre, accompagné d'une galerie où l'on puisse y distribuer en bel ordre les machines et les appareils dont on se sert pour faire les expériences. L'amphithéâtre de Physique de l'Université de Pavie est un des plus beaux que l'on connaisse, ainsi que le cabinet des machines qui lui est annexé. Il a une forme demi-circulaire. Les bancs, également demi-circulaires, s'élèvent par échelons jusqu'à environ la moitié de la hauteur de l'enceinte, laquelle est décorée, dans la partie supé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure, d'une magnifique colonnade en marbre. La voûte est ornée avec élégance. Un cabinet de Physique est composé d'une vaste galerie, dans le pourtour de laquelle se trouvent des armoires bien décorées, dont les devantures sont en glace. C'est là que les machines et les appareils les moins volumineux sont déposés; les autres peuvent se placer au milieu de la galerie et au-dessus des armoires. Ces appareils et les machines doivent être classés suivant les diverses branches de la science à laquelle ils servent.

L'enseignement de l'Anatomie requiert, 1° un amphithéâtre dans le genre de celui de Physique, mais d'un style sévère et lugubre, analogue aux objets qu'on y expose. L'amphithéâtre de l'École de Médecine de Paris offre un bel exemple de ce genre. A côté de l'amphithéâtre doivent se trouver plusieurs pièces pour les dissections et les préparations anatomiques; une d'entre elles doit avoir une grande cheminée analogue à celle des cuisines. Ces diverses pièces correspondront à une cour, qui aura une entrée particulière, et qui sera munie d'une pompe ou d'une fontaine; elles contiendront des tables épaisses en marbre: des cabinets contigus serviront pour y déposer les cadavres. Tous ces lieux doivent être parfaitement aérés et tenus avec une grande propreté.

Une grande galerie contiendra, 1° les préparations anatomiques soit en nature, soit en cire; 2° une collection d'instrumens et d'appareils de chirurgie; 3° une collection d'Anatomie comparée.

Les diverses branches de l'Histoire naturelle exigent des emplacemens encore plus étendus pour y disposer les produits principaux des trois règnes de la nature. L'amphithéâtre pour les démonstrations doit être accompagné d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laboratoire de Chimie, afin que l'on puisse y effectuer les expériences que l'enseignement de la Minéralogie exige.

Les collections relatives à l'Histoire naturelle sont de trois espèces : la première concerne la Minéralogie; la seconde a rapport à la Zoologie; la troisième, enfin, à la Botanique.

Un cabinet de Minéralogie complet devra résulter de trois parties distinctes. L'une renfermera la collection de Minéralogie proprement dite, et l'on y verra des échantillons de tous les genres et de toutes les espèces, classés régulièrement dans des armoires adossées au mur, et dont la devanture sera garnie de glaces. Ces armoires ne devront pas être trop élevées, afin que l'œil puisse discerner aisément tous les objets. Les échantillons les plus volumineux seront placés au-dessus des armoires, ou bien au milieu de la salle, sur des supports en forme de piédestaux. Des modèles de Cristallographie complèteront cette première partie.

La seconde partie du cabinet de Minéralogie sera consacrée à la Métallurgie. On y verra d'abord les appareils docimastiques, qui servent à essayer la qualité des mines; puis les modèles des instrumens et des machines qui servent à l'exploitation des mines, tels que les *sondes*, les *bocards*, les *lavoirs*, les *fourneaux* pour la fonte et pour le raffinage, les *machines soufflantes*, les *hourdons* et les *cylindres* de toute espèce; les grues, potences, enclumes, tenailles, marteaux et martinets qui garnissent une grande forge, etc.

Des échantillons du travail progressif opéré par tous ces instrumens et ces machines les accompagneront. De grandes cartes géologiques et topographiques, relatives aux mines, couvriront les murs.

La troisième partie, qui aura spécialement rapport aux applications de la Minéralogie, sera susceptible d'une déco-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration riche et élégante. Les roches, les marbres les plus rares et quelques productions métalliques, seront façonnés en forme de vases, de colonnes, d'urnes, de trépieds, etc.; des ornemens en bronze doré en relèveront l'éclat. Les pierres dures offriront de riches mosaïques, des incrustations à l'instar de celles usitées à Florence. A côté des substances qui servent pour former les poteries, les porcelaines et les cristaux, on trouvera les objets confectionnés qui s'y rapportent.

Une collection d'ouvrages en argile, antiques et modernes, classés par ordre chronologique, facilitera l'étude des progrès et des variations de cette branche importante de l'industrie.

Le cabinet de Zoologie contiendra des animaux empaillés, préparés ou conservés dans l'esprit de vin, de toutes les espèces qu'il sera possible de se procurer; ils seront classés suivant le système de Linnée, ou suivant celui que les professeurs auront jugé plus convenable. Des collections d'animaux fossiles et de substances animales pétrifiées, un cabinet d'Anatomie comparée, des ateliers pour les préparations, feront partie du cabinet zoologique.

La Botanique exige un cabinet et de vastes jardins. Le cabinet, à l'instar de celui de Florence, contiendra, 1° des modèles en cire colorée des productions végétales qui ne peuvent se conserver sans altération; 2° des préparations qui serviront à faire connaître la contexture des bois, des feuilles et des autres objets relatifs à la Physiologie végétale.

Dans le jardin on réservera un emplacement destiné pour les plantes officinales, un vaste bassin pour les plantes aquatiques, un bosquet pour les arbres de haute futaie, une colline artificielle, disposée de manière à offrir un endroit chaud,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien abrité, et convenablement incliné, pour certaines plantes qui exigent cette exposition.

Les arbustes seront placés dans des bandes assez étroites pour qu'on puisse les voir et les examiner de près, sans être obligé d'entrer dans ces bandes, au risque de les dégrader.

Les serres chaudes qui doivent être annexées à un jardin botanique, sont de deux sortes. La première, analogue à une orangerie ordinaire, doit contenir les arbustes placés dans des caisses et dans des vases qu'on y abrite pendant l'hiver. Cette orangerie aura de grandes fenêtres en arcades, tournées vers le midi, et contiendra un nombre de poêles proportionné à sa grandeur, pour la chauffer au degré convenable, d'après l'indication du thermomètre qui y sera suspendu.

La seconde espèce de serre se distingue en ce que la face qui regarde le midi est couverte d'un vitrage incliné que l'on peut ouvrir et fermer à volonté, et que, pendant l'hiver, on couvre, en tout ou en partie, par des paillassons, que l'on relève ou que l'on abaisse à volonté.

Dans cette serre, de longue caisses placées en amphithéâtre et par échelons reçoivent les arbustes qu'on veut y planter. Les arbustes que l'on cultive dans les serres exigent des degrés de chaleur plus ou moins forts, suivant leur nature; voilà pourquoi il est convenable que la grande serre soit séparée en plusieurs parties, afin que l'on ait la faculté de les chauffer plus ou moins.

Lorsqu'un jardin botanique est assez vaste pour offrir des espaces libres, sans destination spéciale, on peut les employer utilement en y cultivant des plantes médicinales à l'usage des indigens.

Le magnifique Jardin des Plantes de Paris est embelli

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par un accessoire aussi instructif qu'amusant, et qui forme un objet d'admiration pour les étrangers : c'est la ménagerie, dont la distribution élégante et pittoresque est digne des plus grands éloges. Les animaux herbivores parcourent librement un enclos destiné à chaque espèce en particulier ; là ils se livrent librement aux habitudes qui leur sont propres, et ils offrent ainsi un moyen bien précieux d'étude aux naturalistes, en même temps qu'ils jouissent d'un bien-être incompatible avec la triste captivité à laquelle ils sont ordinairement condamnés dans des huttes très resserrées. Une petite fabrique dessinée avec goût est placée dans cet enclos ; elle représente ou une chaumière suisse, ou une tour délabrée, ou un pavillon simple et élégant, etc. ; et elle offre un abri aux animaux et un objet de décoration au paysage environnant.

Les clôtures des enclos sont formées par des treillages rustiques, dont les enlacemens variés sont en général d'un bon choix.

Une longue fabrique, dont la façade est ornée de pilastres doriques isolés, et les flancs, de deux pavillons saillans surmontés par un fronton, contient les cases pour les animaux féroces. Ces cases, fermées par des grilles, sont amples et donnent la facilité de les nettoyer, en faisant passer l'animal dans une case contiguë. Un corridor règne derrière les cases, et la saillie des pavillons a donné le moyen d'établir une grille à hauteur d'appui, pour empêcher que des spectateurs imprudens ne s'approchent de trop près. Les pavillons servent de logemens aux gardiens.

Une boucherie à l'usage de cette ménagerie est établie dans un bâtiment qui en est peu éloigné. Pendant la nuit de gros chiens dogues veillent autour de la ménagerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une grande écurie circulaire, ayant plusieurs grandes niches dans le pourtour, sert de logement à l'*éléphant*, au *bison d'Afrique*, aux chameaux, aux chevaux et aux vaches d'espèces exotiques. Au dehors se trouve un emplacement environné d'un forte clôture en bois, surmontée de pointes en fer; un bassin est pratiqué dans cet emplacement : c'est là que l'éléphant peut se promener et se baigner.

Les oiseaux aquatiques ont des enclos qui leur sont appropriés, au milieu desquels se trouve une nappe d'eau.

Les oiseaux de rapine sont enfermés dans des cases dont la devanture est garnie d'un treillage. Les oiseaux du paradis, les oiseaux mouches, et plusieurs espèces accoutumées à une température chaude, sont dans un lieu clos, chauffé par des tuyaux de chaleur. Non loin de là les singes ont des cases qui leur sont destinées. Les mœurs exigeraient que l'entrée de ce dernier local ne fût pas permise aux femmes; car les habitudes extrêmement obscènes de ces animaux leur présentent un spectacle qui n'est nullement édifiant.

L'Agriculture pratique doit avoir un local qui lui soit spécialement destiné. Il serait à désirer qu'il fût assez vaste pour former une espèce de ferme expérimentale. On y verra des modèles de culture de toutes les espèces, des échantillons des diverses espèces de terrains, d'engrais etc. Une galerie contiendra la collection des instrumens et des machines aratoires les plus parfaites; des modèles suppléeront à celles que l'on n'aura pas pu se procurer en nature.

La ville de Paris, riche en établissemens scientifiques de toutes les espèces, contient un immense dépôt consacré à l'industrie, et dans lequel sont rangés les modèles ou les machines en nature qui servent aux Arts et aux manufactures. Cet établissement, unique dans son genre, et auquel sont annexés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des cours extrêmement utiles de Mécanique, de Chimie et d'économie industrielle, devrait servir de modèle pour en ériger d'analogues dans les principales villes manufacturières; avec cette différence cependant que celui-ci embrasse toutes les branches de l'industrie, tandis que ceux-là ne seraient affectés qu'à la branche principale cultivée dans chacune de ces villes. Lyon, par exemple, aurait un conservatoire qui contiendrait tout ce qui peut faciliter les progrès de l'art de confectionner les étoffes en soie.

École des Beaux-Arts.

Cinq espèces d'enseignement forment l'objet spécial d'une école complète des Beaux-Arts, savoir: 1° la Peinture, 2° la Sculpture, 3° l'Architecture, 4° la Gravure, 5° l'Ornement.

L'école de Peinture exige au moins trois classes; la première, destinée pour les commençans, aura un nombre de tables et de bancs proportionné à la quantité probable d'élèves. A la partie postérieure de chaque table on placera des tringles et des supports pour y attacher les dessins qui servent de modèles. Des lampes à réflecteur horizontal seront suspendues au-dessus des bancs pour le travail du soir. Les bancs seront assez éloignés pour qu'on puisse circuler librement tout autour.

La seconde classe sera placée dans une salle ornée de modèles en plâtre moulés sur les statues et les bustes antiques les plus célèbres. Chaque modèle sera placé sur un piédestal isolé, dont la partie supérieure, garnie de manettes, sera soutenue par un pivot qui lui permettra de tourner; et cela pour que l'élève puisse dessiner la statue dans des positions diverses. (La Vénus de Milo, au Musée, a un piédestal disposé de la manière que nous venons d'indiquer.) Cette classe recevra le jour d'en haut, si cela est praticable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La troisième classe est pour le modèle vivant, que l'on placera sur une estrade élevée. Un grand lustre sera suspendu à la voûte de la salle; ce lustre devrait avoir des réflecteurs mobiles pour que le professeur eût la faculté de varier à son gré les effets de lumière.

Les classes que nous venons d'indiquer servent également aux peintres et aux sculpteurs; mais ceux-ci doivent avoir une salle particulière qui leur serve d'atelier, pour préparer ce qui est relatif à la formation des ouvrages en plastiques.

La classe d'Architecture sera conformée à peu près comme celle du dessin élémentaire. Les murailles seront garnies de tablettes supportées par des modillons de forme élégante, sur lesquelles on déposera des modèles de chapiteaux, de frises, des fragmens d'entablement, et d'autres objets relatifs à ce genre d'étude.

Une école de Beaux-Arts ne sera pas complète si elle ne renferme une classe destinée à l'étude des Ornemens. Cette étude est profitable non-seulement aux architectes, aux peintres et aux sculpteurs, mais elle peut avoir une influence très marquée sur les progrès de l'industrie. En effet, la prospérité d'une foule de branches de commerce dépend essentiellement du choix des formes, de la pureté, de l'élégance des ornemens; tels sont l'Orfévrerie, la Bijouterie, les bronzes dorés, les porcelaines et les cristaux, les meubles, et les étoffes façonnées.

L'école des Beaux-Arts de Milan possède une excellente classe d'Ornemens qui a été fondée par le célèbre Giocondo Albertolli, et qui a influé singulièrement à répandre dans cette capitale le goût des belles formes et des ornemens bien choisis. Aucune autre ville n'a produit un aussi grand nombre d'excellens peintres de décorations pour le théâtre, de peintres déco-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rateurs à fresque, de *stucateurs*, et de sculpteurs d'ornemens en bois. Le brillant résultat produit par l'école d'Ornemens établie à Milan devrait exciter les autres capitales d'Europe à imiter cet exemple.

Une riche collection d'ornemens moulés sur l'antique ou sur les belles productions de ce genre qui se voient dans les édifices du quinzième siècle en Italie, sera annexée à la classe dont nous parlons.

L'école d'Architecture aura également une collection de modèles en plâtre des chefs-d'œuvre de l'Architecture antique et moderne, et des fragmens antiques de chapiteaux et d'entablement. M. Dufourny a formé une très belle collection de cette espèce; elle appartient maintenant au gouvernement; on la placera dans une galerie qui fera partie des bâtimens de la nouvelle école des Beaux-Arts, à l'ancien couvent des petits Augustins.

Musées.

Les Musées, dont l'utilité ne se limite point à présenter d'excellens modèles aux artistes, servent à répandre généralement l'amour des Arts et à propager le sentiment du beau et le bon goût. Sous ce rapport ils contribuent aux progrès des arts mécaniques qui ont pour base le dessin.

Le Musée de Paris se place au premier rang par la beauté du local, par la belle disposition et par la variété des objets qu'il contient. Il n'y a que le Musée du Vatican qui puisse lui disputer la prééminence. Un court examen comparatif de ces deux établissemens admirables ne sera pas sans quelque intérêt.

Le Musée du Vatican renferme la collection d'antiques la plus nombreuse qui existe au monde. Six ou sept cents statues, plus de mille bustes antiques, une innombrable quan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tité d'inscriptions, de cippes, sarcophages, urnes, candélabres, vases et fragmens d'Architecture, sont disposés dans une trentaine de salles, dont plusieurs décorées avec une grande magnificence, et dans deux grandes galeries que le pape régnant a fait disposer. L'une des deux a été ouverte le mois de février dernier; et elle forme un des plus beaux morceaux d'Architecture moderne, par sa régularité, par le choix des proportions, par le goût exquis des ornemens.

On admire dans l'immense collection du Vatican plus de trente chefs-d'œuvre du premier ordre, parmi lesquels l'Apollon, le Laocoon, le Torse, occupent le premier rang. Des mosaïques antiques, précieuses sous le double rapport de l'art et de l'érudition, ornent le pavé de la nouvelle galerie, et de plusieurs salles. Les objets sont en général bien disposés, mais un peu accumulés. La grande magnificence de quelques salles fait paraître les autres un peu mesquines. Toutes les parties ne présentent point en général un ensemble aussi harmonieux que les galeries des antiques du Musée de Paris.

Celles-ci ne contiennent qu'environ le tiers du nombre des objets équivalens que possède le Vatican; les chefs-d'œuvre n'y sont pas non plus aussi nombreux: mais on y admire le bel ordre, l'élégante distribution des objets, la belle et riche décoration des salles, qui forment de longues enfilades, se communiquant l'une à l'autre sans interruption; ce qui offre un ensemble ayant plus d'unité plus d'homogénéité, et plus de régularité que n'en présente le Musée du Vatican : les pièces qui composent ce dernier ne se trouvent point à un même étage, et celles d'un même étage ne sont pas toutes de niveau.

Toutes les salles du Musée des antiques à Paris ont un beau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pavé en marbre. Quelques-unes de celles du Vatican ont un pavé plus précieux, en mosaïque antique; mais les autres à côté ne sont pavées que de briques. Plusieurs des pièces du Musée de Paris ont un magnifique revêtement en marbre qui couvre tous les murs; celles du Vatican ne jouissent point de cet avantage.

Outre les galeries des antiques, le Musée du Vatican, ainsi que celui de Paris, contiennent plusieurs autres collections très précieuses.

Au Vatican, une très belle galerie, dont les murailles sont couvertes de cartes géographiques peintes à fresque et entourées de riches ornemens en peinture et en stuc, introduit dans un grand appartement où sont disposées les belles tapisseries exécutées d'après les cartons de Raphaël. De là on passe dans un second appartement où l'on voit les admirables peintures de Raphaël, que d'innombrables gravures et spécialement celles de Volpato, ont fait connaître aux amateurs qui n'ont pas pu les visiter. En sortant de ce second appartement, on trouve les fameuses loges dites de Raphaël, où ce grand peintre a exécuté ou fait exécuter par ses élèves un nombre prodigieux d'arabesques admirables par la beauté des formes et par la variété inépuisable des sujets.

Un autre appartement au dernier étage contient trente chefs-d'œuvre de Peinture, parmi lesquels on admire la Transfiguration de Raphaël et la Communion de saint Jérôme, qui, pendant plusieurs années, ont fait le plus bel ornement de la galerie du Louvre.

Tel est l'ensemble des objets qui composent le Musée du Vatican, auquel est annexée la bibliothèque et plusieurs cabinets qui en dépendent, et qui contiennent une grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité de vases étrusques, de médailles, d'instrumens et de meubles antiques.

Le Musée de Paris, outre les antiques, contient environ 1400 tableaux des plus fameux maîtres de toutes les écoles, parmi lesquels on remarque plusieurs chefs-d'œuvre. Ces tableaux sont disposés avec un ordre admirable dans le salon d'entrée et dans la galerie, qui surpasse en grandeur et en magnificence toutes les autres connues.

Cette galerie, qui a 1458 pieds de longueur et seulement 30 de largeur, aurait présenté une disproportion choquante si l'on n'avait pris le parti de la séparer en plusieurs portions par de grandes arcades, que des groupes de colonnes en marbre soutiennent : ces arcades offrent en même temps une décoration d'un genre noble et magnifique.

Un socle à hauteur d'appui, formé par un revêtement en marbre, suit le pourtour de toute la galerie. La lumière est introduite par le haut dans quelques-unes des subdivisions de la galerie, et par les fenêtres dans les autres; ce qui forme des effets d'ombres très pittoresques.

La voûte est ornée de compartimens à caissons peints et dorés.

Le Musée de Paris contient en outre une très belle collection de dessins et une de vases étrusques.

Au résumé, le Musée du Vatican est plus riche en antiques, et celui de Paris a un plus grand nombre de tableaux de toutes les écoles.

Les galeries de tableaux doivent, autant que possible, recevoir la lumière d'en haut ; et lorsque cela ne se peut, les grands tableaux, au lieu d'être suspendus à la muraille, seront placés debout par terre, et on leur fera faire un angle plus ou moins ouvert avec cette muraille, pour qu'ils puissent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recevoir la lumière de la manière la plus favorable. Tel est le parti que l'on a adopté au Vatican ; ce parti permet de voir de près le tableau et de bien étudier la touche du maître et le maniement du pinceau.

Les petits tableaux peuvent être suspendus à charnière sur un des côtés latéraux, à l'instar des portes; ce qui permet de les faire tourner plus ou moins pour profiter du jour le plus favorable. Les plus beaux tableaux de la galerie *Borghèse*, à Rome, sont ainsi suspendus.

Bibliothèques.

Les grandes Bibliothèques sont composées de vastes galeries, qui ont les murailles couvertes d'armoires pour y ranger les livres. Ces armoires s'élèvent jusqu'à la naissance de la voûte, et ont, au tiers à peu près de la hauteur, un balcon praticable, auquel on monte par des escaliers circulaires placés dans les encoignures.

On doit éviter soigneusement dans la construction d'une Bibliothèque tout ce qui pourrait favoriser les incendies; toutes les pièces seront voûtées; on n'établira aucun tuyau de cheminée, ni aucun poêle qui soient insérés dans les murs contre lesquels les livres sont appuyés. Pour la commodité des étudians, pendant l'hiver, on placera une ou deux salles contiguës à la Bibliothèque, mais séparées. Ces salles seront chauffées par des tuyaux de chaleur aboutissant à un poêle placé au rez-de-chaussée.

Le toit de la Bibliothèque doit être garni de paratonnerres; la cour aura une pompe susceptible de fournir de l'eau abondamment, et d'être convertie en pompe à incendie en cas de besoin.

On disposera des galeries soit pour les manuscrits, soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour les estampes, soit enfin pour les médailles et autres objets d'érudition. A côté de la Bibliothèque se trouveront les logemens des personnes qui y sont attachées; mais ces logemens, qui ne seront pas adhérens au corps des bâtimens affectés spécialement à la Bibliothèque, seront disposés de manière à éloigner la possibilité qu'ils puissent devenir une cause d'incendie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V.

Des Édifices qui servent aux réunions publiques.

Places publiques.

Les places publiques des anciens sont décrites par Vitruve dans le chap. I^er^ du V^e^ livre, ainsi qu'il suit :

« Le *forum*, place publique chez les Grecs, est carré, un double et ample portique l'environne tout autour. Ce portique, surmonté d'architraves en pierre ou en marbre, a des galeries au-dessus.

» En Italie, l'usage étant de donner des combats de gladiateurs dans ces places, cette circonstance exige que le portique ait des entre-colonnemens plus larges, et que sous ce portique soient placées des boutiques, et des galeries au-dessus (*meniana*), où seront disposés les bureaux des receveurs publics.

» La grandeur de la place sera proportionnée à la population de la ville; on évitera qu'elle soit trop petite lorsqu'elle sera très fréquentée, et réciproquement, qu'étant trop grande, elle ne paraisse déserte. Elle aura en largeur les deux tiers de la longueur.

» Les colonnes du second étage doivent être moins élevées d'un quart que celles du premier, parce que le bas étant plus chargé doit avoir plus de force. »

La méthode antique de donner aux portiques autant de largeur que les colonnes ont de hauteur, a pour objet d'éviter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le soleil, la pluie ou la neige, ne puissent atteindre les personnes qui y stationnent ou qui s'y promènent.

Léon-Baptiste Alberti prescrit que les édifices qui environnent une place ne soient pas plus élevés que le tiers de la largeur, ni moins que la sixième partie.

L'entrée de plusieurs places antiques était décorée par des arcs de triomphe, ainsi qu'on l'observe dans les magnifiques débris du *Forum romain;* au milieu étaient érigées des statues équestres ou des colonnes triomphales.

Plusieurs édifices publics avaient l'entrée sur ces places, tels que les *basiliques,* les *curies,* le trésor public, et les prisons.

Basiliques.

Les basiliques étaient des salles spacieuses analogues aux bourses modernes, et dans lesquelles se réunissaient les marchands et les plaideurs, pour parler de leurs affaires.

« Les basiliques, dit Vitruve, doivent être situées dans un lieu chaud et bien abrité, afin que ceux qui les fréquentent journellement, pendant l'hiver, pour le trafic, ne soient point incommodés par l'inclémence de l'air. Leur largeur ne sera pas moindre du tiers de leur longueur, ni plus de la moitié, si ce n'est quand le local s'oppose d'une manière absolue à l'adoption de cette proportion.

» Si la longueur du local est grande, on formera aux deux bouts des *chalcidiques.* (Suivant l'opinion d'Alberti et celle de Palladio, qui sont très probables, cette partie, nommée *chalcidica* ou *causidica,* était un tribunal où le préteur et les juges siégeaient.) La Basilique Julienne d'Aquilinus a des *chalcidiques* à ses deux extrémités.

» La hauteur des colonnes des basiliques sera égale à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

largeur des portiques, et cette largeur sera le tiers de l'espace du milieu. Les colonnes d'en haut doivent être plus petites que celles d'en bas, comme il a été dit précédemment. Le soubassement de l'ordre supérieur (*pluteus*) doit avoir de hauteur les trois quarts de ces mêmes colonnes, afin que ceux qui se promènent dans la galerie supérieure ne soient point vus des gens qui trafiquent en bas. Les architraves, les frises et les corniches auront les proportions attribuées aux divers ordres.

» Les basiliques sont susceptibles de majesté et d'élégance. J'en ai fait construire une à *Fano* (dit Vitruve) disposée ainsi qu'il suit : La nef du milieu a 120 pieds de long et 60 de large. Les portiques ont 20 pieds de largeur. Les colonnes, y compris les chapiteaux, ont 50 pieds de haut et 5 de diamètre; elles ont derrière elles des pilastres de 20 pieds de haut, larges de 2 pieds et demi, et ayant une saillie d'un pied et demi pour soutenir les poutres qui portent les planchers, lesquels divisent le portique en deux galeries l'une au-dessus de l'autre. Ces pilastres s'élèvent dans la galerie du haut à 18 pieds au-dessus du plancher et soutiennent le toit qui couvre les galeries. Un espace ouvert se trouve entre ce toit et l'architrave des grandes colonnes pour donner du jour à la salle.

» Quatre colonnes sont placées à chacun des deux bouts, et huit à un des longs côtés, y compris celles des coins; mais le côté opposé n'en a que huit, parce que les deux du milieu sont ôtées, afin qu'elles n'empêchent pas de voir le temple d'Auguste, lequel est au milieu de cette face qui regarde la place publique. Dans le temple d'Auguste se trouve un tribunal qui a la forme d'un demi-cercle coupé, ayant 46 pieds sur 15. Par cette disposition, les personnes qui trafi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quent dans la basilique ne dérangent point les plaideurs qui sont devant les juges.

» L'architrave des colonnes est composée de trois poutres, adossées, sur chaque entre-colonnement. Cette architrave est interrompue et fait un retour d'équerre dans la partie ouverte qui correspond au temple d'Auguste.

» Le toit ne repose pas immédiatement sur l'architrave, mais sur d'autres poutres parallèles à cette architrave, élevées, de 3 pieds au-dessus, par des massifs en maçonnerie carrés et ayant 4 pieds de côté.

» La disposition susdite épargne beaucoup de peine et de dépense, par la suppression des ornemens que l'on place ordinairement au-dessus des architraves; en adoptant un seul ordre, on lui donne plus de majesté et de magnificence. »

Curies.

Les édifices qui portaient ce nom servaient pour donner audience aux ambassadeurs, et pour les séances du sénat ou des principaux magistrats. Rome avait plusieurs édifices de cette nature, tels que la *Curia Hostilia*, la *Curia Pompeii*, la *Curia Augusti* et plusieurs autres. Le sénat ne s'assemblait pas toujours dans le même lieu, et ce n'était pas toujours dans une des *curies*, mais il était souvent convoqué dans un des temples principaux; le lieu où il s'assemblait le plus fréquemment était la *Curia Hostilia*, située sur le *Forum*.

Voici ce que Vitruve nous apprend relativement à cette sorte d'édifice, dont nous ne pouvons avoir une idée bien distincte, car on ne connaît ni à Rome, ni ailleurs, aucun vestige authentique des *curies*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La *curie* sera proportionnée à la grandeur et à la dignité de la ville. Si la forme de son plan est carrée, sa hauteur surpassera de moitié la dimension d'un des côtés. Lorsque la longueur excède la largeur, la hauteur se détermine alors en prenant la moitié de la somme des deux autres dimensions.

» Les murs auront intérieurement, à la moitié de leur hauteur, une corniche saillante, soit en menuiserie, soit en stuc. Le but de cette partie saillante est d'empêcher que la voix des orateurs ne s'élève en entier vers le haut, et de faire en sorte qu'elle parvienne mieux aux oreilles des auditeurs en se réfléchissant. »

Indépendamment des *forum*, des basiliques et des curies, les anciens avaient plusieurs autres édifices qui, outre leur destination spéciale, servaient aussi pour se promener et se réunir : tels étaient les *palestres* et les *xystes* chez les Grecs, dont nous avons parlé page 524; les thermes chez les Romains, et les promenades couvertes auprès des théâtres.

Promenades à couvert.

Auprès des grands théâtres les anciens plaçaient des promenades couvertes qui souvent étaient composées de plusieurs rangs de colonnes disposées en quinconce, comme les allées d'un bois régulier, et qui avaient aux quatre angles des escaliers pour monter à une terrasse placée au-dessus. Il existe encore à Rome quelques restes du Portique de Pompée, qui se trouvait à un petit éloignement du théâtre, ainsi nommé. Le *Portique d'Octavie* paraît avoir servi de *promenoir* annexé au théâtre de Marcellus. Voici, au surplus, ce que Vitruve dit de ces portiques :

« Derrière les théâtres doivent se trouver des portiques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

afin que quand il surviendra inopinément des pluies au milieu des représentations, le peuple puisse y trouver un abri en sortant du théâtre ; comme on l'a pratiqué à l'égard du théâtre de Pompée à Rome, et à ceux d'Eumènes et de Bacchus à Athènes.

» Les portiques doubles attenant aux théâtres seront d'ordre dorique à l'extérieur. Leur disposition doit être telle, que les distances entre les rangs de colonnes soient égales à leur hauteur. Les files internes pourront être plus élevées d'un cinquième que celles des colonnes extérieures, et seront ou ioniques ou corinthiennes. »

Places publiques.

Les places publiques des anciens étaient désignées par le nom de *forum*, ainsi que nous l'avons dit : aucun *forum* n'a été plus célèbre que le *Forum* romain, soit par l'importance des évènemens dont il a été le théâtre, soit par la magnificence des monumens qui l'environnaient.

Description du Forum romain.

Les vestiges de cette fameuse place se voient au *Campo-Vaccino*, situé entre le mont Capitolin et le mont Palatin, dans un vallon qui se trouve à la proximité du Tibre. En comparant les auteurs anciens qui ont parlé du *Forum*, avec les ruines existantes, on reconnaît que sa forme devait être quadrilatère, de 200 pieds environ de largeur moyenne sur 350 à peu près de longueur réduite. Les monumens suivans garnissaient le côté septentrional, immédiatement au-dessous du Capitole.

1°. L'arc de Septime-Sévère, qui servait d'embouchure à la rue nommée *Clivus Capitolinus*, par laquelle on montait du *Forum* au Capitole. Cet arc, qui a remplacé celui de Tibère,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fut érigé l'an 205 de l'ère chrétienne. Il est composé de gros blocs de marbre blanc : trois portes cintrées sont forées dans le massif; celle du milieu est bien plus grande que les deux autres; quatre colonnes composites ornent les deux façades; au-dessus de l'ordre, se trouve un attique fort élevé. Il était autrefois surmonté par un char à six chevaux en bronze dans lequel étaient placées les statues de Sévère, de Caracalla et de Geta; deux statues de soldats à cheval et deux à pied complétaient cette magnifique décoration. Le lecteur pourra se faire une idée plus précise de la conformation de cet arc, en examinant l'arc du Carrousel, qui en est une imitation, améliorée il est vrai, mais non pas aussi somptueuse que l'original. On remarque à l'arc de Septime-Sévère, des traces non équivoques de la décadence des arts, qui, à l'époque de sa construction, était déjà bien prononcée.

2°. Le *Milliarium aureum*, qui était une colonne où commençaient les divisions *milliaires* de toutes les routes militaires de l'empire; de la même manière que la numération des bornes milliaires des routes de France, commence au parvis Notre-Dame. En faisant des fouilles auprès de l'arc de Septime-Sévère, on a trouvé un massif circulaire qui servait de base à ce *milliarium aureum in capite romani Fori statutum.*

3°. Le temple de Jupiter tonnant, construit par Auguste en action de grâces de ce que la foudre, qui avait tué un de ses esclaves, l'avait épargné. Ce temple, placé sur le penchant du mont Capitolin, avait son portail sur le *Forum* auprès du *milliarium* et de l'arc de Septime-Sévère. Ce fut le premier temple à Rome dont les murs furent construits avec de gros blocs de marbre blanc. Les colonnes qui en formaient le pourtour, étaient monolithes, en marbre grec, d'ordre corinthien et cannelées : elles avaient 41 pieds de hauteur. Il en existe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore trois avec une portion d'entablement, qui, par l'élégance et par la beauté des formes et des proportions, présente un objet d'étude très précieux pour les architectes; c'est un des modèles qu'ils affectionnent le plus. Andrea Fulvio nous apprend que, dans le quinzième siècle, des Romains (indignes de ce nom) ont détruit ce magnifique monument pour faire de la chaux avec le marbre dont il était composé.

4°. A côté du temple de Jupiter tonnant se trouvait celui de la Concorde, bâti par Auguste, sur l'emplacement d'un édifice plus ancien où les sénateurs et les magistrats se réunissaient souvent pour parler des affaires d'état. On ne voit maintenant que quelques débris de ce temple, lequel étant, comme le précédent, construit en marbre blanc, eut le même sort, malgré les réclamations énergiques adressées par Fulvio à Innocent IV contre ce déplorable vandalisme.

Du côté occidental, en partant du temple dont nous venons de parler, on trouvait d'abord une rue qui montait au Capitole et dont on voit encore les vestiges; puis le temple de Vespasien (nommé improprement temple de la Concorde). Le péristyle de ce temple était composé de colonnes ioniques monolithes, de granite, il en reste encore huit. Ce temple ayant été restauré dans les temps barbares, on y aperçoit les traces de la décadence de l'art qui régnait alors. Les parties de ce temple qui étaient en marbre furent réduites en chaux, ainsi que les temples de Jupiter tonnant et de la Concorde.

Le *Comice*, place de médiocre grandeur, plus élevée que le *Forum*, se voyait ensuite. D'un côté du *Comice* se trouvait la *Curia Hostilia*, où le sénat tenait ordinairement ses séances. Cet édifice, fondé par Tullus Hostilius, était élevé de plusieurs degrés au-dessus du *Comice;* il fut restauré par Sylla, et reconstruit par Auguste, qui changea son nom primitif en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui de *Curie Julienne* en l'honneur de Jules-César. Sur la place du *Comice* on voyait aussi la *Basilique Porcienne*, et un autre édifice nommé *Grecostasis*, où les ambassadeurs étrangers se plaçaient durant les délibérations du sénat relatives à leur mission. Des grilles ou des balustrades, *plutei*, séparaient le *Comice* d'avec le *Forum*.

Auprès de là était placée la tribune aux harangues, qui fut nommée *Rostrum* parce qu'elle était décorée d'ornemens en bronze (*rostri*) des galères prises dans un combat naval.

Auprès de la place du *Comice*, sur l'extrémité du côté occidental du *Forum*, se voyait le portail du magnifique temple de Castor et Pollux, transformé par Caligula en un vestibule qui introduisait dans le palais des Césars, placé par derrière, et dont il existe quelques ruines assez remarquables. Claude le rendit ensuite à sa première destination.

On voit encore trois magnifiques colonnes appartenant à ce temple. Quelques antiquaires les ont attribuées au temple de Jupiter stator, lequel devait se trouver dans un autre local, peu éloigné sur la *Voie sacrée*. Les colonnes dont nous parlons sont d'une beauté admirable; elles forment un ordre corinthien aussi élégant que bien proportionné; leur hauteur est de 46 pieds y compris le chapiteau; elles sont en marbre blanc et cannelées.

Sur le côté méridional qui fait face au Capitole, on trouvait d'abord le temple de Vesta, qui, comme tous les temples consacrés à cette déesse, devait être circulaire. C'est là que six vierges (*vestales*) veillaient à la conservation du feu sacré et du *Palladium*. Le temple de Vesta était à côté de celui de Castor et Pollux dont nous venons de parler, et les deux formaient un des angles du *Forum*.

Au-delà du temple de Vesta était situé celui de Jules

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

César; puis on voyait l'arc érigé par Fabius-le-Censeur à l'embouchure de la Voie Sacrée. Cet arc devait se trouver à peu près en face de celui de Septime-Sévère.

Le quatrième côté du *Forum* était orné d'édifices non moins remarquables. On y voyait :

1°. La fameuse *Basilique Emilienne* vantée par Cicéron comme un monument très somptueux. Elle était ornée d'un grand nombre de colonnes de marbre phrygien qui la divisaient en cinq nefs, dont celle du milieu beaucoup plus large que les autres. Elle fut construite pendant le consulat de Paul-Emile, l'an 704 de Rome et on dépensa à sa construction près de six millions, que César envoya des Gaules.

2°. Le petit temple de Janus, en bronze. Ce monument n'avait que la hauteur suffisante pour contenir la statue du dieu, laquelle était haute de 5 coudées. Ce petit temple existait encore l'an 507 de l'ère chrétienne, il a été décrit par Procope.

3°. Le temple de Saturne, où était le trésor public.

Ainsi, le pourtour du *Forum* romain était orné par huit temples, par deux basiliques, une curie et deux arcs de triomphe.

Au centre s'élevait la statue colossale en bronze de Domitien, qui fut ensuite destinée à représenter Constantin. Plusieurs colonnes surmontées de statues étaient érigées sur le *Forum*. On voit encore la colonne que Smaragdus fit élever en l'honneur de l'empereur Phocas, l'an 608 de l'ère chrétienne. Ce monument, dépouillé de sa statue dorée, a 54 pieds de hauteur. A un petit éloignement de cette colonne se voient les soubassemens de deux autres colonnes *honoraires* en granite, dont les débris sont couchés à côté.

Le *Forum* était pavé avec de grandes dalles en pierre dure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Plusieurs places modernes surpassent le *Forum* romain en étendue et en régularité; mais aucune ne lui est comparable par le grand nombre, la magnificence et la célébrité des monumens accumulés autour de son enceinte.

Des diverses espèces de places.

Les places modernes sont de différentes espèces :

1°. Celles qui, à l'instar des places décrites par Vitruve, ont des portiques garnis de boutiques, et servent soit pour la promenade habituelle, soit pour la réunion et les rendez-vous des gens d'affaires;

2°. Celles qui précèdent les grands édifices, dont elles deviennent, pour ainsi dire, un accessoire qui contribue à les rendre plus apparens et plus magnifiques;

3°. Celles situées dans les endroits où plusieurs rues se croisent, et qui ne sont autre chose que de vastes carrefours;

4°. Celles où l'on tient les foires et les marchés;

5°. Les places d'armes destinées aux exercices et aux manœuvres militaires.

Places analogues aux fori *des anciens.*

La place Royale de Paris pourrait être classée parmi les places de la première espèce si elle était plus fréquentée. Le Palais-Royal a encore plus de similitude avec les places antiques.

Turin possède plusieurs places régulières de cette première espèce; mais la plus célèbre d'Europe est sans doute la place de Saint-Marc à Venise; elle est plus remarquable par sa magnificence que par son étendue, par la beauté de ses édifices que par sa régularité. Sa situation, qui présente de tous côtés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des points de vue riches, variés ou étendus, la rend surtout admirable.

Elle résulte de deux places rectangulaires qui se réunissent à angle droit. La première, qui est la plus grande, a d'un côté les *Procuraties vieilles*, édifice du 15e siècle, d'une légèreté et d'une élégance admirables, quoique les détails offrent un peu de maigreur. Un portique se trouve au rez-de-chaussée; le premier et le second étage sont formés par des arcades soutenues sur des colonnes. Deux arcades de chaque étage correspondent à une arcade du rez-de-chaussée. La frise du dernier entablement contient autant de fenêtres circulaires qu'il y a d'arcades à chaque étage. Ce même entablement est surmonté d'une *crénelure* légère ornée de vases. Le long de deux autres côtés sont placées les *Procuraties neuves*, qui forment maintenant une habitation impériale. Cet édifice somptueux, construit par *Scamozzi*, résulte de trois ordres superposés, formés par des demi-colonnes en relief. Les entre-colonnemens renferment, au rez-de-chaussée, des arcades; au premier, des fenêtres cintrées, dont les impostes sont soutenues par de petites colonnes; au second, des fenêtres rectangulaires ayant des frontons alternativement à arc surbaissé et à triangle. Les frises, les timpans des archivoltes, les clefs des arcades, les soffites de ces mêmes arcades et des entablemens sont richement sculptés. Le tout est construit en pierre dure d'Istrie et appareillé avec le plus grand soin. Le portique du rez-de-chaussée, élevé de trois gradins au-dessus de la place, est pavé en carreaux de marbre rouge et blanc. Ce portique, ainsi que celui des *Procuraties*, est garni d'un grand nombre de cafés et de belles boutiques.

Le magnifique portail de l'église Saint-Marc occupe le quatrième côté de la grande place. Ce portique, construit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le 11e siècle, est d'un genre d'architecture qui participe du grec-romain et du gothique. Des mosaïques et des revêtemens en marbre grec le couvrent en totalité. Un grand nombre de colonnes en porphyre et en vert antique, placées l'une à côté de l'autre, soutiennent les voûtes des trois grandes arcades de ce portail, au-dessus duquel se trouve une terrasse, où l'on voit les quatre fameux chevaux qui ont figuré pendant quelque temps sur la place du Carrousel à Paris.

Le clocher de Saint-Marc se trouve à l'intersection de la grande place avec la petite. Ce clocher, qui est un des plus élevés d'Europe, a été construit dans le 14e siècle ; on monte jusqu'au sommet par des rampes douces qui n'ont point de gradins. Ces rampes se trouvent placées entre le mur principal et un mur intérieur parallèle. Une pyramide à base carrée surmonte le clocher, et elle supporte une grande statue creuse et tournante qui représente un ange et qui fait l'office de girouette.

Des boutiques environnent le clocher de trois côtés, et sur le quatrième côté on admire un petit édifice en marbre, orné de sculptures en bronze, qui fut construit sur les dessins de Sansovino, architecte et sculpteur fameux. Ce monument, aussi élégant que riche, renferme une salle destinée aux adjudications publiques.

La petite place a la vue sur la *Lagune;* elle présente d'un côté la façade de la bibliothèque de Saint-Marc, construite par Sansovino. Cette façade, très belle, a, au rez-de-chaussée, un portique tout-à-fait semblable à celui des *Procuraties neuves*, dont il forme le prolongement. Le premier étage est aussi semblable à celui de ces mêmes *Procuraties*, à l'exception de l'entablement, qui a une frise très élevée. Au-dessus de cet entablement se trouve une balustrade en marbre, surmontée de statues et de deux obélisques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le palais ducal fait face à la bibliothèque de Saint-Marc ; c'est un grand édifice gothique, dont le rez-de-chaussée et le premier présentent de riches portiques à jour. Mais par un contre-sens bizarre, un mur plein, fort élevé, les surmonte et semble les écraser.

Du côté de la *Lagune*, deux grandes colonnes monolithes en granite égyptien, soutiennent le lion de Saint-Marc et la statue de saint Théodore. Sur la grande place sont plantés trois mâts dans de magnifiques piédestaux en bronze, et servent pour y arborer des pavillons les jours de fêtes.

La place de Saint-Marc est très remarquable sous le rapport de l'Histoire de l'Art. On y voit des monumens du premier ordre qui caractérisent les époques principales. L'église de Saint-Marc est une des premières productions de la renaissance des Arts; le palais ducal est, dans le genre gothique, le plus riche palais connu; les *Procuraties vieilles*, le clocher de Saint-Marc et la tour de l'horloge indiquent les progrès que firent les Arts dans le quatorzième siècle; et enfin la bibliothèque de Saint-Marc, les *Procuraties neuves*, et la loge des adjudications, indiquent le degré de perfection auquel ils étaient arrivés dans le quinzième siècle.

Places qui précèdent les grands édifices.

Parmi les places de la seconde espèce, c'est-à-dire de celles qui précèdent les grands édifices, la place de Saint-Pierre à Rome occupe incontestablement le premier rang.

Cette place est formée de deux portions, une rectangulaire et l'autre ovale. Celle-ci, qui est la première que l'on rencontre et la plus grande, a 738 pieds de diamètre sur 588. Le chevalier Bernin y fit construire deux portiques demi-circulaires dont les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

milieux correspondent aux extrémités du grand axe. Chacun des portiques est composé de quatre files concentriques de colonnes doriques, en pierre travertine, qui les divisent en trois parties, dont celle du milieu est assez large pour que les voitures puissent y circuler; cette partie est couverte par une voûte annulaire, et les deux autres par des plates-bandes. Un fronton marque l'entrée de chaque portique, et un pavillon en avant-corps indique le milieu. Ils sont surmontés par des balustrades et par des statues.

Les colonnes ont 39 pieds de hauteur, l'entre-colonnement a 9 pieds, la balustrade 5 pieds, et les statues 9 pieds et demi. Les portiques contiennent deux cent quatre-vingt-dix colonnes et quatre-vingt-huit pilastres; le nombre des statues est de cent quarante.

L'extrémité postérieure de chaque portique se réunit à une galerie. Ces deux galeries qui aboutissent à la façade de l'église, renferment la partie rectangulaire de la place, qui a 296 pieds de longueur et 366 de largeur. Ces galeries sont ornées à l'extérieur par des pilastres doriques accouplés; l'entablement est semblable à celui des colonnades, et il est pareillement surmonté par une balustrade, et par vingt-deux statues de chaque côté.

Carlo Fontana a proposé de faire de l'autre côté du petit axe de l'ovale une autre partie rectangulaire semblable à celle dont nous venons de parler. Un grand arc de triomphe ornerait l'extrémité opposée à la façade de l'église. Cet arc formerait l'embouchure d'une large rue conduisant directement au château Saint-Ange.

Au milieu de la portion ovale se trouve l'obélisque égyptien que Caligula fit transporter d'Héliopolis et que Néron fit placer sur la *Spina* de son cirque (voyez page 477). Domenico Fontana, l'an 1586, le plaça dans la position qu'il occupe,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par ordre de Sixte-Quint. Cet obélisque, qui a 78 pieds de hauteur, pèse environ 700 milliers. Il sert maintenant de *gnomon* à une méridienne, qu'en 1817 on a tracée sur le pavé environnant, dans lequel on a inséré des incrustations qui représentent les signes du zodiaque et les vents principaux.

Deux grandes fontaines jaillissantes sont placées, ainsi que l'obélisque, sur le grand axe de l'ovale; elles sont uniformes; deux énormes bassins monolithes en granite reçoivent les jets d'eau composés d'une masse d'eau étonnante qui s'élève à 64 pieds au-dessus du niveau de la place. Il est difficile d'imaginer une décoration plus noble et plus imposante que celle produite par l'obélisque et par ces fontaines, au sujet desquelles le lecteur pourra trouver des détails intéressans dans un ouvrage de Carlo Fontana (*Trattato dell'acque correnti*) (*a*).

Places pour faciliter la circulation.

On voit à Paris des places remarquables de cette troisième espèce, qui comprend spécialement celles situées dans les endroits où plusieurs rues se croisent et que l'on peut considérer comme de vastes carrefours très utiles pour faciliter la circulation et empêcher les encombremens. La forme circulaire que l'on a adoptée pour la place des Victoires est très convenable, parce qu'elle contribue à rendre moins apparentes les irrégularités dans l'intersection des rues; irrégularités qui seraient bien plus sensibles si l'on choisissait toute autre forme. Les

(*a*) Voici le titre détaillé de cet ouvrage curieux sur plusieurs rapports. *Trattato dell' acque correnti, nel quale si notificano le misure ed esperienze di esse; i giuochi; e i scherzi, i quali per mezzo dell'aria e del fuoco vengono operati dall' acqua; con diversi ammaestramenti intorno al modo di fare condotti, fistole, bottini, etc.; e un' esata descrizione di tutto quello che è stato operato alla condotura dell'acqua di Bracciano.* Roma. 1696. in-folio.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

monumens situés au centre de ces places forment des points de vue remarquables pour toutes les rues qui y aboutissent directement.

La place Louis XV se rapporte aussi à cette troisième espèce; mais elle a en outre la destination spéciale de servir de centre aux points de vue riches et variés que présentent les Tuileries, les Champs-Élysées, le palais de la Chambre des Députés, le quai d'Orsai, la belle rue Royale; et la magnifique église de la Madeleine, que l'on construit maintenant. Envisagée sous ce rapport, on doit des éloges à l'architecte qui a su lui donner de la régularité, et l'orner avec richesse sans masquer aucun des points de vue principaux.

Lorsque les places ont une grande étendue, quelle que soit d'ailleurs leur espèce, on forme dans le milieu une sorte de jardin ou des allées, comme on le voit à la place Royale de Paris, à la place Bellecour à Lyon, et à la plupart de celles de Londres, où des jardins environnés de grilles servent aux habitans du quartier, qui en ont les clefs. Cet usage est surtout utile dans les localités où les promenades publiques sont éloignées.

La place de Padoue nommée *Prato della valle* contient un jardin dans le milieu; un canal circulaire environné de balustrades en marbre, règne tout autour. Ces balustrades servent de support à des statues colossales représentant les hommes illustres en tout genre que cette ville a produits; quatre ponts établissent la communication entre la place et le jardin. Cette conception, tout-à-la-fois élégante et patriotique, fait le plus grand honneur à l'architecte qui en fut l'auteur et à la ville qui l'a adoptée.

Places pour les foires.

Les places de la quatrième espèce servent aux foires et aux marchés; ce ne sont ordinairement que des espaces plus ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins réguliers où l'on plante chaque fois des échoppes ou des boutiques portatives qui disparaissent lorsque la foire ou le marché sont finis. Ne vaudrait-il pas mieux imiter l'exemple que l'on voit à Vérone et à Bergame? Dans ces deux villes une vaste enceinte renferme des bâtimens légers et peu élevés, qui contiennent au rez-de-chaussée des boutiques et des magasins, et au-dessus des petits logemens pour les marchands? Ces bâtimens sont rangés le long de plusieurs rues tirées au cordeau, dont les unes parallèles sont coupées à angle droit par les autres. La rue principale est plus large; elle a une place dans le milieu, et cette place est ornée par une fontaine jaillissante; toute cette enceinte est environnée de murs ou de grilles. La foire de Vérone (dont on peut voir la description et le dessin dans l'ouvrage de *Maffei* intitulé *Verona illustrata*) est maintenant délaissée. Il n'en est pas de même de celle de Bergame, qui étant très fréquentée, est conséquemment bien entretenue.

Les rues d'une foire devraient être couvertes par des vitrages; ce qui produirait le double avantage d'abriter les marchandises placées sur les devantures des boutiques, et de permettre au public de fréquenter la foire malgré le mauvais temps.

Places d'armes.

Les places d'armes sont ordinairement des espaces très étendus, destinés aux manœuvres militaires. Des allées touffues d'arbres doivent environner le bord de ces espaces, dans le but, 1° d'offrir un abri momentané aux soldats en cas d'orage; 2° de permettre pendant les grandes chaleurs de faire l'exercice à l'ombre; 3° de présenter pendant les manœuvres un emplacement où le public puisse se placer sans danger et sans gêner les évolutions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour remplir ce dernier but, le sol des allées sera relevé au-dessus du niveau de la place, et il aura une pente bien prononcée vers cette même place. Une telle pente facilitera d'ailleurs l'écoulement des eaux pluviales, et empêchera que les allées ne deviennent boueuses. Un petit canal, revêtu en maçonnerie, sera creusé en bas de la pente pour recevoir l'écoulement.

Dans les climats rigides du nord on a imaginé de faire des places d'armes couvertes et chauffées, pour que les soldats puissent faire plus commodément l'exercice pendant l'hiver. On trouve dans le Recueil de Charpente publié par M. Krafft, les dessins d'une grande salle d'exercice que Paul Ier fit construire à Moscow en 1790, à l'usage de l'infanterie et de la cavalerie cosaque. Elle a 1800 pieds de long, sur 290 de large à l'extérieur, et 220 à l'intérieur. Ce qui donna l'idée à ce monarque d'entreprendre cette grande construction, fut la grande salle d'exercice de Darmstadt, qu'il vit avec admiration, lorsqu'en 1781 il visita une partie de l'Europe.

La grande difficulté que présentait cette construction, était de former un comble d'une aussi grande largeur sans supports intermédiaires.

Voici comment ce comble fut exécuté. Il a deux pentes avec une grande lanterne au milieu pour éclairer l'intérieur. Les pentes sont dans la proportion du fronton, et ne sont inclinées à l'horizon que d'environ 19 degrés.

Le principal soutien de chacune des fermes est un arc énorme en bois, formé de trois rangs de pièces posées les unes sur les autres, assemblées à crémaillère et entretenues avec des boulons et des plates-bandes de fer. Les arbalétriers qui portent le toit et les grands entraits de cette salle immense, sont suspendus par de fortes moises pendantes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assemblées aussi à crémaillère avec des boulons et des plates-bandes en fer ; elles sont entretenues par de grandes contre-fiches formant croix de Saint-André.

Chaque ferme, par son propre poids et par sa charge additionnelle, supportant environ 1200 milliers, a eu quelques mouvemens de flexion ; pour les réparer, on a proposé d'ajouter à chacune d'elles une forte lierne cintrée.

Un plafond couvre le dessous de la charpente. Autour de la salle règne (à environ la moitié de sa hauteur) une galerie avec des bancs en amphithéâtre, pour les spectateurs qui veulent assister aux exercices militaires ou aux spectacles qu'on pourrait donner dans cet emplacement très vaste.

Basiliques modernes.

Nous ne parlons point ici des édifices sacrés qui portent ce nom, mais seulement de ceux qui ont une destination analogue à celle des basiliques antiques (page 543), qui servaient de lieu de réunion aux commerçans et aux plaideurs. *Padoue* possède un édifice fort ancien de ce genre. Il consiste en un salon très vaste et très élevé ; une voûte postiche à berceau le couvre. Cette voûte, formée par des cintres en planches, est revêtue de plomb à l'extérieur. Ayant été détruite par un ouragan, elle fut reconstruite par Ferracina.

Le salon se trouve au premier étage et est environné d'un portique ; le rez-de-chaussée, qui sert à divers usages, a également un portique.

Vicence a aussi une basilique disposée à peu près de la même manière, mais qui jouit de l'avantage précieux d'avoir été restaurée par Palladio, qui reconstruisit les portiques extérieurs avec l'élégance inhérente à toutes ses productions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bourses.

Les bourses ont succédé aux basiliques. On prétend que le mot *bourse* dérive du nom de la maison *Wander-Bourse*, qui fit construire à Bruges un édifice où les commerçans de cette ville se réunissaient.

Parmi les bourses les plus célèbres d'Europe, on cite celles de Pétersbourg, de Londres, d'Amsterdam et de Berlin; mais la nouvelle bourse de Paris l'emportera sur toutes les autres en grandeur et en magnificence, lorsqu'elle sera achevée avec tous ses accessoires. Quoique la forme extérieure de ce monument ait beaucoup de ressemblance avec les temples antiques, cependant elle a plusieurs différences caractéristiques qui la distinguent. De même que les temples antiques, un péristyle l'environne et forme un magnifique portique corinthien dans son pourtour. Ce péristyle repose sur un soubassement continu, lequel, étant prolongé dans les parties antérieure et postérieure, sert de limite aux perrons qui précèdent ces deux façades. Mais tandis que les façades des temples antiques n'ont ordinairement que six ou huit colonnes, les siennes en ont quatorze. Les temples antiques ont constamment deux frontons qui s'appuient immédiatement sur l'entablement de l'ordre et qui sont l'indication des extrémités du toit. La Bourse n'a point de fronton; mais un attique continu surmonte l'entablement et sert de soubassement au *comble à croupes*, lequel est formé par des fermes en fer, couvertes de feuilles en cuivre laminé.

L'intérieur, qui n'est point encore disposé, contiendra un vaste salon, autour duquel se trouveront distribuées les salles et les bureaux du tribunal de commerce, et plusieurs autres pièces à l'usage des agens de change.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques personnes d'un goût sévère reprochent à ce monument d'avoir un caractère de haute magnificence, qui ne s'accorde point entièrement avec sa destination. Les temples (disent-elles) doivent indubitablement être plus magnifiques qu'une *bourse réunie à un tribunal de commerce ;* et cependant on y a employé un péristyle corinthien colossal et continu, qui chez les anciens était spécialement affecté aux temples, et qui est d'ailleurs le plus somptueux élément dont l'Architecture puisse disposer. Palladio (ajoutent-elles) a adopté dans sa basilique de Vicence un parti qui satisfait bien mieux aux convenances. Ce parti donne à l'édifice le degré de richesse et d'élégance que sa destination permet, sans en dénaturer le caractère par une somptuosité outrée. Ayant subdivisé le portique en deux parties superposées, il a produit le double avantage d'augmenter l'espace couvert accessible aux personnes qui doivent fréquenter journellement cet établissement, et de rendre les portiques, à égalité de circonstances, plus larges et mieux abrités en cas de pluie.

Tribunaux ou Palais de justice.

Chez les Romains, les tribunaux étaient ordinairement annexés aux basiliques ; mais quelquefois les juges siégeaient dans un temple, ainsi qu'on le déduit de ce que Vitruve nous apprend relativement à la basilique de Fano, dont il fut l'architecte. (Voyez page 546.) A la nouvelle bourse de Paris, on a suivi la méthode antique en établissant dans le même édifice le lieu de réunion des commerçans et le tribunal de commerce.

Les édifices spécialement consacrés aux tribunaux doivent présenter, soit dans leur configuration extérieure, soit dans leur distribution interne, un caractère grave et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

majestueux. Ils auront de fortes masses bien prononcées; l'ordre dorique est celui qui leur convient le mieux.

Ils contiendront de grandes salles pour les audiences solennelles, et plusieurs autres moins vastes pour les audiences journalières; à côté de ces salles se trouveront les bureaux des greffiers, des antichambres pour les plaideurs qui attendent, des cabinets à l'usage des juges et des avocats, et une garde-robe où les magistrats pourront déposer leurs costumes avant de sortir du palais.

Un grand vestibule précédera toutes ces pièces, qui auront d'ailleurs de nombreux dégagemens, au moyen de corridors et d'escaliers secondaires.

Les salles d'audience sont divisées en deux parties, qu'une balustrade sépare. La première sert au public; la seconde, élevée de quelques gradins au-dessus, est le tribunal proprement dit. Le président siége au fond sur une estrade plus élevée que le reste. Les fauteuils des juges sont disposés des deux côtés, sur un demi-cercle; le procureur royal siége à une des extrémités du demi-cercle. Une table, qui en suit la courbure, est placée devant les juges; un riche tapis la couvre. Derrière le fauteuil du président, on place quelquefois le portrait du monarque, surmonté d'un dais. Lorsque la salle est fort grande, on peut établir une tribune tout autour, soutenue ou par des colonnes, ou par des modillons; cette tribune est destinée pour les dames et pour les personnes distinguées qui veulent assister aux audiences remarquables.

La forme de la salle peut être circulaire, ovale ou rectangulaire; sa décoration doit être simple et noble. Des compartimens réguliers orneront le plafond ou la voûte. Un riche lustre sera suspendu dans le milieu, pour le cas où les séances se prolongent le soir. Les murailles seront revêtues de marbre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou de stuc, ou bien couvertes de draperies, avec les armoiries et l'initiale du prince régnant.

Derrière le tribunal se trouveront deux salles de conférence, une pour les juges et l'autre pour les jurés; non loin seront placés des cabinets inodores à l'usage des mêmes personnes.

Le grand vestibule remplit en partie l'office des anciennes basiliques; c'est là que les avocats et leurs cliens se trouvent et se promènent en discutant les affaires qui les concernent. Par ce motif, on a nommé ce vestibule la salle des *pas-perdus*.

La salle des pas-perdus du Palais de justice de Paris est une des plus vastes de ce genre. Elle fut construite par Desbrosses, à l'endroit où se trouvait primitivement la grande salle des festins de l'ancienne résidence royale.

Cette salle est divisée, sur la largeur, en deux parties égales, par de grandes arcades qui soutiennent la retombée des deux voûtes à berceau qui couvrent la salle. Ces mêmes arcades sont répétées en relief sur le mur du pourtour; des pilastres doriques enrichissent les pieds-droits et soutiennent l'entablement, au-dessus duquel se voient, aux deux bouts, de grandes fenêtres demi-circulaires qui éclairent cette salle, laquelle recevra un nouvel embellissement par le monument de Malesherbes que l'on construit dans ce moment.

On ne doit point négliger d'établir un café et un restaurant au rez-de-chaussée de l'édifice ou dans toute autre situation convenable à cet usage.

Si le palais de justice avait une grande cour environnée de portiques, on pourrait dans ce cas se dispenser de donner autant de grandeur au vestibule.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hôtels-de-ville.

L'hôtel-de-ville le plus célèbre par sa noble architecture, et surtout par les souvenirs qui s'y rattachent, est celui de Rome, lequel remplace l'antique Capitole.

Le fameux Michel-Ange fut l'architecte de ce bel édifice, qui repose sur les arcades du *Tabularium* antique (archives du sénat), du côté qui regarde le Forum; de l'autre côté sa façade se trouve sur une belle place, sur laquelle sont situés également deux édifices uniformes et d'une architecture analogue à celle de l'hôtel dont nous parlons. Dans l'un de ces édifices on admire un riche musée de statues antiques; dans l'autre, se trouvent, 1° une collection de tableaux; 2° un magnifique appartement à l'usage des sénateurs (on nomme ainsi le corps municipal de la ville); 3° une collection qui est due au patriotisme éclairé de l'illustre Canova. Cette collection, qui mériterait d'être imitée dans toutes les grandes capitales, est composée de bustes des hommes illustres en tout genre que l'Italie a produits, et classés suivant le genre d'illustration auquel est due leur célébrité; ainsi les savans ont une salle qui leur est consacrée, les poëtes une autre, les hommes de lettres une troisième; viennent ensuite les architectes, les peintres, les sculpteurs, les musiciens, etc.

Les trois édifices qui ornent la place du Capitole sont décorés d'un seul ordre de pilastres corinthiens qui reposent sur des piédestaux. L'entablement est surmonté d'une balustrade, et des statues, placées au-dessus, correspondent à chacun des pilastres. Celui du fond, qui est l'Hôtel-de-ville proprement dit, a un soubassement plus élevé, au-devant duquel se trouve un bel escalier à deux branches. Une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fontaine et les statues colossales de deux fleuves couchés enrichissent la face de ce bel escalier.

Un clocher s'élève au-dessus de cet édifice; il est orné de trois ordres de pilastres, et la statue de Rome triomphante le surmonte.

Au milieu de la place est érigée la célèbre statue équestre de Marc-Aurèle, en bronze (autrefois dorée). La place est ouverte dans la partie qui fait face à l'hôtel-de-ville; une grande rue, beaucoup plus basse, se trouve au-dessous, on y descend par une rampe douce ornée de balustrades. Au sommet de la rampe, ces balustrades se replient à angle droit de chaque côté, et sont ornées de monumens antiques très curieux, placés à distances égales sur des piédestaux qui coupent la balustrade. On voit, 1° au sommet de la rampe des groupes de grandeur colossale, qui représentent Castor et Pollux domptant des chevaux; ces groupes ornaient jadis le théâtre de Pompée; 2° deux grands trophées en marbre, connus sous le nom de Trophées de Marius; 3° la statue de Constantin et celle de son fils; 4° deux colonnes milliaires surmontées d'une boule dorée; 5° au bas de la rampe sont placés deux lions égyptiens en basalte, qui versent de l'eau dans des coupes de granite.

La réunion de tous ces monumens, vus à un certain éloignement, présente un aspect plein de noblesse et de magnificence.

La ville de Lyon offre un des plus beaux hôtels-de-ville de France. Celui de Paris n'est point digne de cette grande capitale; on y remarque ce mauvais genre d'Architecture qui, dans le commencement du 16e siècle, succéda en France au genre gothique, et lequel ne présente ni la solide légèreté de celui-ci, ni les belles proportions de l'Architecture antique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'hôtel-de-ville d'Amsterdam est un des plus beaux d'Europe. Un avant-corps avec un fronton richement sculpté orne le milieu de ce bâtiment, décoré de deux ordres de pilastres superposés; il a aussi deux avant-corps latéraux, mais sans frontons; derrière celui du milieu s'élève un beau clocher circulaire. On reproche à ce monument la petitesse des portes principales, comparativement à la masse totale.

On voit au Musée un tableau capital de Vander-Heiden, qui représente ce bel édifice, avec la finesse admirable et la vérité frappante qui font le charme des productions de ce peintre célèbre.

Salles des séances pour les Chambres.

La salle de la Chambre des députés à Paris nous paraît un modèle très bien conçu de cette espèce de monumens. Son plan est demi-circulaire, les bancs où siégent les députés sont disposés en amphithéâtre dans le pourtour. Au-dessus s'élève une galerie pour le public, dont le devant est orné par des colonnes en stuc supportant un entablement qui fait le tour de la salle et qui marque la naissance de la voûte surbaissée dont elle est couverte; une ouverture vitrée, demi-circulaire, est pratiquée dans cette voûte pour éclairer la salle.

Le mur qui fait face à l'amphithéâtre a, dans son milieu, un *hémicycle* (on appelle ainsi une grande niche demi-circulaire couverte d'une voûte, qui forme un quart de sphère). Une estrade s'élève dans l'hémicycle, sur laquelle se trouve le siége du président, et la tribune placée entre deux escaliers qui y conduisent. Le mur est orné de niches qui contiennent les statues des grands législateurs. La partie de la salle qui n'est point drapée, est revêtue en stuc; un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compartiment de caissons, ornés avec élégance, est peint sur la voûte.

Auprès de la salle se trouve un appartement de réception pour le Roi; des salles pour les conférences, une bibliothèque et plusieurs autres pièces de service à l'usage des députés.

Le public monte à la galerie qui lui est destinée par deux escaliers placés dans les angles qui se trouvent entre le demi-cercle de la salle et l'espace rectangulaire environnant. Ces escaliers correspondent immédiatement au péristyle qui forme la façade de ce monument.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI.

Édifices consacrés aux approvisionnemens, à la sûreté et à la salubrité.

Aucune ville n'est mieux pourvue que Paris d'édifices servant aux approvisionnemens publics. Cette grande capitale offre dans ce genre des modèles dignes d'imitation que nous allons parcourir rapidement.

Abattoirs.

Les abattoirs, placés aux extrémités de la ville, hors de l'espace habité, sont une institution précieuse pour la propreté et pour la salubrité, et au moyen de laquelle on évite les accidens fréquens qui résultent lorsqu'on est obligé de faire traverser la ville aux nombreux troupeaux de bœufs que l'on conduit à la boucherie.

Cinq abattoirs sont placés autour du circuit de Paris, intérieurement, auprès de son enceinte; trois du côté du nord, qui est le plus peuplé, et deux seulement du côté opposé. Chacun de ces établissemens ressemble à une ville, par son étendue et par le nombre de bâtimens qu'il contient. Ces bâtimens sont disposés autour d'une grande place qui occupe le milieu de l'espace, et le long de quatre ou six rues longitudinales parallèles, et de six rues transversales qui coupent les premières à angles droits. Ces bâtimens servent, 1° d'écuries dans lesquelles les animaux sont renfermés en attendant le moment de les abattre. Au-dessus de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutes ces écuries sont placés des *fenils;* 2° des boucheries très nombreuses, dont le sol, *dallé* très proprement, a les pentes convenables pour conduire le sang dans des égouts disposés à cet effet. Des robinets correspondent à ces endroits et fournissent abondamment l'eau nécessaire pour entretenir la plus grande propreté possible; 3° des salles qui contiennent les fourneaux, les chaudières, les presses nécessaires pour fondre le suif et le réduire en pain; 4° un bâtiment contenant une machine à vapeur qui élève l'eau nécessaire pour le service de l'établissement; 5° un bâtiment plus grand, dans lequel sont placés les bureaux et les logemens des directeurs et des employés; 6° des pavillons placés des deux côtés de l'entrée principale servent de logement au concierge et aux gardiens. Au milieu de la grande place se trouve un enclos entouré de palissades où l'on enferme les troupeaux avant qu'on puisse leur assigner des places dans les écuries. Des plantations d'arbres précèdent et environnent l'enceinte de ces établissemens, et contribuent tout-à-la-fois à l'ornement et à la salubrité.

Entrepôt des vins.

Cet établissement immense est unique dans son genre. Plus étendu que les abattoirs, il contient de vastes places, de longues et larges rues ornées de belles plantations. Des deux côtés de ces rues sont érigés les celliers, admirables par leur grandeur et par leur solidité. Chaque corps de bâtimens contient plusieurs galeries qui se croisent perpendiculairement et qui reçoivent la lumière du comble, dont les pentes sont divisées en deux parties : la partie qui s'appuie sur les murs du pourtour est plus basse, quoiqu'elle ait une inclinaison égale à l'autre, de manière qu'il se trouve entre les deux un espace perpendiculaire dans lequel sont pratiquées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les fenêtres qui éclairent l'intérieur. Les murs de ces bâtimens sont construits en pierres meulières, encadrées dans des chaînes en pierre de taille.

Plusieurs des celliers n'ont que le rez-de-chaussée, dont le sol est soigneusement dallé; les autres ont un étage au-dessus; des rampes en pente douce placées à l'extérieur permettent aux voitures d'y monter pour y déposer les tonneaux.

L'entrepôt étant placé le long du port où les bateaux débarquent le vin, une belle grille ferme l'entrée de ce côté et permet de voir les immenses constructions qu'il renferme.

Grenier d'abondance.

Ce grand édifice, situé auprès de la Seine, et le long du nouveau canal Saint-Martin, est dans la position la plus favorable pour faciliter le déchargement du blé, des farines et des autres objets d'approvisionnement conduits par eau. Les caves magnifiques de cet édifice se trouvent à peu près de niveau avec le chemin de halage, pratiqué le long du canal, dans la partie qui formait autrefois le fossé de la Bastille. Cette circonstance a permis d'établir trois voûtes qui partent de ces caves et viennent aboutir au chemin de halage susdit, de manière que les objets que l'on déchargera passeront immédiatement du bateau dans les caves. Au-dessus des caves, le bâtiment a intérieurement trois étages, quoique extérieurement il n'en apparaisse qu'un seul. On doit observer que cet édifice n'a pas la hauteur qui lui était assignée dans le plan primitif, des raisons d'économie ont motivé cette réduction. L'extérieur est composé de cinq avant-corps et de quatre parties intermédiaires plus alongées. Les avant-corps présentent trois ouvertures cintrées (dont celle du milieu est une porte), et des contre-forts saillans renforcent les encoignures. Les parties inter-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

médiaires ont des fenêtres cintrées, et des ouvertures larges et peu élevées, immédiatement sous la saillie du comble.

Marchés.

Le marché Saint-Germain est sans contredit le plus beau de Paris, et probablement de l'Europe. Son plan est carré, il entoure une cour très vaste; ses murs, en pierre de taille, ont de grandes fenêtres cintrées garnies de fortes persiennes qui abritent l'intérieur sans empêcher la libre circulation de l'air. Au-dessus de chaque fenêtre et immédiatement sous le comble, sont des ouvertures rectangulaires peu élevées qui éclairent l'intérieur. La charpente du comble, disposée suivant la méthode italienne, est remarquable par sa régularité et sa belle exécution; des tuiles creuses en forment la couverture. L'intérieur présente quatre grandes galeries qui se communiquent l'une avec l'autre sans interruption; c'est là que sont disposés les bancs des marchandes de comestibles de toutes les espèces.

Quatre larges rues environnent ce marché, trois de ces rues sont garnies de maisons particulières; mais le long de la quatrième se trouve le bâtiment des boucheries, dont la façade extérieure est à peu près semblable à celles du marché. Les étaux pour les bouchers sont environnés et couverts par des grilles en fer; le sol est dallé. Dans la partie du milieu de ce bâtiment se trouve un vestibule carré qui, de deux côtés, conduit aux boucheries; mais en face de l'entrée principale est une grande niche qui contient une statue assise, au pied de laquelle se trouve un bassin de fontaine. Latéralement à cette fontaine sont deux escaliers qui conduisent dans les caves placées au-dessous des boucheries. Ces caves sont très utiles pour la conservation des viandes, des fruits, de la verdure, etc. Un petit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

corps de bâtiment contient des bureaux et des latrines inodores.

Le nouveau marché de la place Maubert, quoique moins vaste, est construit d'après le même système. Le marché Saint-Martin, vu extérieurement, est fort élégant; mais l'intérieur n'étant pas assez élevé, la masse d'air en circulation n'est point suffisante pour dissiper les émanations désagréables et malsaines produites par certaines espèces de comestibles. Le marché de la volaille, ayant été construit sur les fondations d'une ancienne église, a une forme qui rappelle le souvenir de l'édifice qu'il remplace. Il est formé de trois galeries parallèles, dont celle du milieu est plus large.

Le marché des Blancs-Manteaux, construit sur un emplacement a peu près carré, est couvert dans toute son étendue, et son plan résulte de trois galeries parallèles coupées perpendiculairement par trois autres. Les parties latérales présentent trois frontons; les façades ont un seul fronton, et de chaque côté une portion du comble en pente.

Nous ne parlerons point des constructions faites à la grande Halle, qui ne nous paraissent que provisoires.

Halle au blé.

La Halle au blé est un édifice circulaire qui résulte de deux portiques surmontés d'un entre-sol. Ces portiques laissent dans le milieu un espace pareillement circulaire, qui est couvert par une très belle voûte sphérique en fer, disposée de manière qu'elle forme intérieurement des compartimens carrés analogues aux caissons des voûtes ordinaires. Une grande ouverture circulaire vitrée, éclaire l'intérieur. Des lames de cuivre forment la couverture de la voûte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Édifices consacrés à la salubrité.

Les édifices consacrés à la salubrité sont particulièrement les fontaines, les bains et les hôpitaux.

Conduite d'eaux et Fontaines.

Paris laissait beaucoup à desirer sous le rapport des fontaines; mais le canal de l'Ourcq lui fournira bientôt le moyen d'égaler dans cette partie la magnificence des autres monumens. Voici quelques indications de ce beau travail, extraites du devis général du canal de l'Ourcq par M. Girard.

La rivière de l'Ourcq, prise à Mareuil, à 93,922 mètres de distance de la barrière de Pantin, est amenée, par un canal navigable, dans un bassin établi sur le territoire de la Villette. Le niveau des eaux de ce bassin est élevé de 27 mètres au-dessus des basses eaux de la Seine.

Les eaux amenées par le canal de l'Ourcq dans le bassin de la Villette sont destinées : 1° à alimenter, dans l'intérieur de Paris, de nouvelles fontaines et un certain nombre de réservoirs qui doivent servir au nettoiement des rues et des égouts, et fournir de nouveaux moyens d'embellissement et de salubrité; 2° à alimenter deux canaux de navigation qui descendront dans la Seine, l'un en traversant le faubourg du Temple, l'autre en traversant la plaine Saint-Denis, jusqu'à l'entrée de cette ville.

Les eaux du bassin de la Villette qui doivent servir au premier usage, sont dérivées dans un aqueduc de maçonnerie qui se soutient à la même hauteur que ce bassin, et qui contourne la partie septentrionale de Paris jusqu'à la plaine de Mouceaux. Cet aqueduc a 4,357 mètres de longueur. Les dimensions sont réglées d'après la base suivante : qu'il devra,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en vingt-quatre heures, donner passage à 4,200 pouces d'eau, au moins.

Trois galeries voûtées partiront de l'aqueduc de ceinture et prendront les directions suivantes : la première, dite de Saint-Laurent, fournira l'eau aux quartiers de Saint-Denis, des Halles, de l'École de Médecine, du Temple, de la Place-Royale et de l'Hôtel-de-ville; elle aura 9,066 mètres de longueur. La seconde, qui aura une longueur de 9,233 mètres, fournira de l'eau aux quartiers de Montmartre, du Palais-Royal, du Louvre et de la place Vendôme. La troisième enfin, dont la longueur sera de 12,378 mètres, conduira l'eau dans les quartiers des Tuileries, du faubourg Saint-Honoré, de l'École Militaire et des Invalides.

Indépendamment de ces trois distributions, qui seront alimentées par le canal de ceinture, une quatrième recevra immédiatement les eaux du bassin de la Villette; elle sera dirigée par une galerie dite de Saint-Antoine, dans le faubourg de ce nom, et les quartiers de l'Arsenal et du Jardin des Plantes.

Ces quatre grandes conduites sont destinées à alimenter un certain nombre de réservoirs, qui seront placés sur les endroits les plus élevés de chaque quartier, afin que les eaux qui seront dérivées de ces réservoirs, puissent être distribuées sur le plus grand nombre de points des rues environnantes.

Il sera en outre établi sur toute la longueur de ces conduites, entre leur origine et le château-d'eau où elles se termineront, différens embranchemens qui porteront les eaux au point culminant de chaque rue, d'où elles jailliront à volonté, soit pour l'arrosement et le lavage de cette rue, soit pour former des secours contre les incendies, ou être employées à tout autre service public.

Enfin, ces embranchemens porteront eux-mêmes des ra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

meaux plus petits, destinés à alimenter les concessions particulières qui pourront être faites des eaux du canal de l'Ourcq.

L'un des services les plus importans que rendront les eaux du canal de l'Ourcq, est le lavage des rues et des égouts. Le lavage des rues se fera au moyen de bouches d'eau placées sur les points les plus élevés de chaque rue. Les tuyaux d'embranchement destinés à alimenter les bouches de lavage, seront posés dans de petites rigoles de maçonnerie établies sous le pavé des rues et recouvertes d'un madrier.

Ces eaux ne serviront pas seulement à nettoyer le pavé et les ruisseaux, elles pourront être employées à laver la façade des maisons et des magasins; elles s'écouleront dans les égouts et contribueront à leur nettoiement par le courant qu'elles y entretiendront.

Il ne sera pas nécessaire de laisser couler constamment les eaux du lavage sur le pavé des rues. Outre l'inconvénient d'appauvrir par là quelques-uns des services auxquels ces mêmes eaux doivent subvenir, on éprouverait encore celui, non moins grave, d'entretenir la plupart de ces rues dans un état d'humidité continuel. Ce lavage s'effectuera à certaines heures du jour et de la nuit; et, pour que l'ordre établi à cet égard ne soit point interverti, les robinets des bouches d'eau seront enfermés dans des bornes ou coffrets de fonte, dont les préposés à ce lavage conserveront les clefs. Les bouches d'eau de chacune de ces bornes-fontaines sont disposées de manière qu'on puisse, en cas d'incendie, y adapter un tuyau de cuir qui porte les eaux soit dans le réservoir d'une pompe de secours, soit dans l'intérieur de l'édifice embrasé.

Suivant l'ancienne méthode de distribuer les eaux, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conduites, formées de tuyaux de fonte ou de plomb, étaient enterrées sous le sol, sans aucune préparation propre à affermir le sol, dont la consistance est presque toujours inégale. Il en résulte que si ces terrains s'affaissent accidentellement par différentes causes, les conduites se rompent sous la charge qu'elles supportent; l'eau qui s'en échappe pénètre le sol environnant et le rend plus compressible, ce qui occasionne de nouvelles ruptures. De plus, les conduites n'étant enfoncées qu'à peu de profondeur, le métal dont elles sont formées se dilate et se condense suivant les variations de température; il se forme conséquemment des déchiremens et des pertes d'eau qu'on ne parvient à étancher qu'après de longues recherches, qui interrompent le service et causent plus ou moins d'embarras dans les lieux où l'on est obligé d'ouvrir des tranchées.

Pour remédier à ces inconvéniens, dans la distribution des eaux du canal de l'Ourcq, on a adopté les précautions suivantes : 1° de poser les tuyaux dans des galeries voûtées où l'on pourra les visiter à toute heure dans toute leur étendue, et réparer, sans recherches inutiles, les accidens qui peuvent survenir; 2° d'établir les conduites sur un sol inébranlable, c'est-à-dire sur des massifs de maçonnerie fondés solidement; 3° que ces conduites n'aient à supporter d'autre charge que leur propre poids.

On aurait pu faire partir immédiatement du bassin de la Villette, comme d'une souche commune, tous les tuyaux de conduite destinés aux différentes distributions ; mais alors il aurait fallu, pour alimenter chacune d'elles par un certain volume d'eau, augmenter le diamètre de la conduite à mesure que le point où elle devrait aboutir s'éloignerait du point de départ ; ce qui aurait obligé d'employer, pour les quartiers éloignés, des tuyaux dont les fortes dimensions auraient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rendu la fabrication, la pose et les réparations difficiles. C'est donc pour rendre les conduites forcées les plus courtes possible, qu'on a adopté le principe de soutenir les eaux de niveau avec le bassin de la Villette dans un aqueduc prolongé aussi loin que le relief du terrain l'a permis.

Les conduites principales étant toutes posées sous des voûtes, soit dans de nouvelles galeries, soit dans des égouts dont les directions se raccordent avec celles de ces galeries, les tuyaux sont soutenus dans les nouvelles galeries par des consoles en pierres de taille en saillie sur le parement intérieur de leurs murs latéraux. Dans les égouts ils sont soutenus par des tasseaux ou chevalets en fonte, scellés dans le dallage de ces égouts, et appliqués le plus près possible de leurs pieds-droits. Ce moyen, dont l'expérience a déjà justifié le succès, obstrue le moins possible le cours des eaux à l'évacuation desquelles les égouts sont destinés.

En plaçant les tuyaux de conduite sous les galeries voûtées, on réduit à leur propre poids et à celui de l'eau qu'ils contiennent, la charge qu'ils ont à supporter; mais cet isolement rend les influences de la température beaucoup plus sensibles sur le métal dont les tuyaux sont composés, parce que la température de l'eau en mouvement dans les conduites variera plus que celle des galeries, de sorte que l'eau, à la sortie, aura un degré de chaleur différent qu'à l'entrée; et cette différence de température, dont participeront les extrémités de la conduite, sera d'autant plus sensible qu'elle aura plus de développement. Ce motif a fait rechercher un moyen d'articuler quelques parties de la conduite, de manière qu'elles puissent, sans rupture ou sans flexion, se raccourcir ou se ralonger.

On a adopté le moyen des tuyaux compensateurs à bride

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mobile, placés à la distance de 100 mètres l'un de l'autre. Ils sont composés de deux parties : la première, terminée par un renflement cylindrique, se raccorde par un congé avec le corps du tuyau ; cette espèce de manchon porte une bride fixe en saillie sur le nu du renflement. La seconde partie du compensateur est dégarnie de bride à l'une de ses extrémités; cette extrémité est arrondie au tour, pour être introduite dans le manchon ou renflement. La bride de cette seconde partie du compensateur est remplacée par un anneau ou bride mobile qui glissera au besoin sur le corps du tuyau; elle porte sur le tuyau au moyen d'un talon cylindrique. La bride fixe du manchon et la bride mobile du tuyau qui y est reçu, sont percées de six trous, comme les brides ordinaires. Le vide qui se trouve entre l'extérieur du tuyau mâle et l'intérieur du tuyau femelle, est garni d'étoupe goudronnée.

On place, entre les brides de deux tuyaux consécutifs, des rondelles de plomb renfermées entre deux bandes de flanelle goudronnée, afin de rendre les joints plus étanchés. Le joint est serré au moyen de six boulons qui traversent des trous percés dans les brides des tuyaux.

Les tuyaux sont retenus sur leurs supports par des cales ou coins de bois de chêne, et par des agrafes en fer forgé, scellées dans les pieds-droits des voûtes des galeries ou des égouts. Ces agrafes sont composées de deux parties : l'une droite, scellée dans la maçonnerie; l'autre, circulaire, assemblée à charnière avec la première.

Chaque conduite a plusieurs robinets, dont un doit être placé immédiatement au-dessous de la prise d'eau, pour établir ou intercepter à volonté la communication entre les parties supérieure et inférieure de la conduite. Un second

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

robinet est placé dans la partie la plus basse de la conduite, pour ouvrir ou fermer une communication de l'intérieur à l'extérieur, et procurer au besoin l'évacuation des eaux qui y seraient contenues.

Indépendamment de ces deux robinets, dont le service est indispensable, plusieurs autres sont distribués sur la longueur d'une même conduite, à l'effet de se rendre maître du cours de l'eau, afin de procéder, sans l'interrompre entièrement, aux réparations des accidens qui peuvent survenir, ou de pourvoir momentanément à des services extraordinaires. L'œil de ces robinets est cylindrique et précisément du même diamètre que l'intérieur de la conduite ; ainsi la vitesse de l'eau n'éprouve aucune altération, et quand ils sont ouverts, la conduite se trouve aussi libre que s'ils n'existaient pas.

La manœuvre des robinets exige l'emploi d'une assez grande force, quand ils ont un diamètre considérable. Ordinairement elle s'opère à l'aide de leviers, à l'extrémité desquels agissent un ou plusieurs hommes. La plus grande résistance qu'ils éprouvent est celle que présente le robinet pour être dégagé d'une position dans laquelle il est resté quelque temps ; d'où l'on voit que cette résistance est variable, et qu'au moment où l'on parvient à la surmonter, la puissance est capable de produire un grand effet ; ainsi le robinet une fois dégagé, s'ouvre ou se ferme presque instantanément. Dans ce dernier cas, et si le robinet que l'on manœuvre est celui de l'orifice inférieur de la conduite, l'eau qui y est enfermée réagit sur les tuyaux, et quelquefois en occasionne la rupture.

On préviendra ces accidens en se rendant maître d'opérer le mouvement des robinets aussi lentement que l'on voudra. Il suffit, pour cet effet, de substituer aux leviers, que l'on emploie ordinairement à cette manœuvre un engrenage com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posé d'une roue dentée, ayant le même centre que la clef du robinet, et d'un pignon dont l'axe portera une manivelle.

Lorsque les conduites présentent des sinuosités dans le plan vertical, l'air qui y est contenu au moment où on les met en charge se porte au sommet le plus élevé de ces sinuosités; et si le volume de cet air est assez considérable, il peut arriver qu'il occupe en ce point toute la capacité de la conduite, et qu'il présente, du moins pendant quelque temps, un obstacle au cours de l'eau. Il est clair que, pour le rétablir, il faut évacuer l'air que la conduite contient. Le moyen le plus simple consiste à implanter sur le sommet du coude qu'elle forme, un tube vertical qui s'élève jusqu'au niveau du réservoir. Ce tube se remplit d'eau jusqu'à une certaine hauteur; mais, en vertu de sa légèreté spécifique, l'air parvenu à la base de ce tube s'élève à travers l'eau qu'il contient, et s'échappe par son extrémité supérieure qui reste ouverte.

Ce moyen, tout simple qu'il est, présente cependant quelque embarras, lorsque le réservoir de prise d'eau est à une grande hauteur au-dessus du coude de la conduite qu'il s'agit d'évacuer. On prévient cet embarras en substituant à ce tube vertical, ouvert par le haut, un tube beaucoup plus court garni d'un robinet, au moyen duquel on peut tenir ce tube ouvert ou fermé; mais comme l'eau entraîne, dans ces mouvemens, de l'air qu'il faut évacuer de temps à autre, cette opération exigerait une certaine surveillance que l'on ne peut cesser d'exercer sans inconvénient.

Pour se dispenser de cette surveillance, on fermera la partie supérieure du tube par une partie horizontale, au milieu de laquelle on pratiquera un orifice qui livrera passage à l'air de la conduite; on substituera au robinet un flotteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contenu dans le tube, et qui portera à l'extrémité d'une tige verticale un obturateur destiné à fermer l'orifice. Lorsque l'eau sera suffisamment élevée dans le tube, elle poussera le flotteur de bas en haut, et l'orifice restera fermé; mais lorsqu'un certain volume d'air viendra occuper la partie supérieure de ce tube, sa force élastique se mettra en équilibre avec la pression de l'eau dans la conduite, jusqu'à ce que ce volume d'air, augmentant de plus en plus, fasse descendre l'eau du tube et avec elle le flotteur qu'elle soutient; alors l'obturateur se dégage de l'orifice, et l'air comprimé s'échappe jusqu'à ce que l'eau, remontant dans l'espace qu'il occupait, remette de nouveau l'obturateur en place et ferme la conduite. Le flotteur est un globle creux de laiton. Cette ventouse à flotteur est due à M. de Bétancourt.

Aquéducs antiques.

On doit mettre au nombre des ouvrages de l'antiquité les plus dignes d'être admirés, ceux qui avaient pour but de fournir aux populations nombreuses les eaux nécessaires pour la salubrité, les besoins et les agrémens de la vie. Pline exalte avec raison les travaux immenses que les empereurs romains entreprirent pour transporter à Rome une grande quantité d'eau.

« Si l'on fait attention, dit-il, à la grande quantité d'eau amenée à Rome, et en combien de lieux elle se disperse pour les bains, pour les viviers, les réservoirs, les jardins et les maisons particulières de la ville et de la campagne; et si d'ailleurs on considère la longueur du chemin que parcourt cette eau, le grand nombre d'arcades qu'il a fallu élever pour la conduire, les montagnes qu'on a été obligé de percer pour donner passage aux canaux, on sera contraint d'avouer qu'il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'y eut jamais d'entreprise plus grande ni plus admirable sur toute la terre. »

En effet ce n'étaient point de faibles ruisseaux que les aquéducs amenaient à Rome, c'étaient, pour ainsi dire, des fleuves entiers. Outre les eaux de source, on y faisait couler l'eau du Tévérone, soit par des dérivations prises vers sa source, soit par des saignées un peu au-dessus de son embouchure dans le Tibre, pour fournir ainsi de l'eau aux quartiers plus ou moins élevés de la ville. Il y avait des fontaines sur le Capitole et sur les autres éminences renfermées dans l'enceinte de Rome.

On peut se faire une idée de la magnificence des Romains dans la distribution des eaux, par ce que Pline rapporte des travaux exécutés dans une seule année par ordre d'Agrippa.

« Agrippa, dit-il, pendant son édilité, ayant ajouté l'eau vierge à celles qui étaient à Rome, il la fit couler par plusieurs tuyaux dans tous les quartiers; il fit creuser sept cents réservoirs, construire cent cinq fontaines et cent trente châteaux-d'eau ou regards, dont la plupart étaient décorés d'ornemens magnifiques; on y comptait trois cents statues d'airain et de marbre, et quatre cents colonnes de marbre. Tout cela fut exécuté dans une année. »

En lisant le livre de Frontin, *De aquæductibus*, on est surpris de l'immensité des travaux qu'il a fallu entreprendre pour la conduite des eaux, tant dans les campagnes que dans Rome; et on admire en même temps les sages règlemens qu'on observait pour leur distribution.

Les Romains avaient construit une quantité prodigieuse d'aquéducs pour conduire des eaux à Rome. Leur développement total était de plus de quatre-vingt-dix lieues, et ils étaient portés par des arcades sur une longueur de neuf à dix

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lieues. L'aquéduc de Claude, dont il existe des restes assez considérables, est formé par des arcades de 18 pieds d'ouverture. La plupart de ces constructions, qui se ressemblent toutes, sont faites en briques. Léon X et Sixte-Quint en ont rétabli plusieurs.

La magnificence des Romains ne s'est point bornée à enrichir de ces utiles monumens la ville de Rome, ils en ont fait construire un grand nombre dans les diverses provinces de leur immense empire. On admire encore avec étonnement les restes imposans de plusieurs de leurs grands aquéducs qui existent en Italie, en France et en Espagne, parmi lesquels on distingue spécialement les suivans :

1°. L'aquéduc de Lisbonne, construit sous le règne de Trajan, est le plus considérable que l'on connaisse, en raison de la hauteur et de l'ouverture de ses arcades. Il est composé de trente-deux arches de 90 pieds d'ouverture sur plus de 200 pieds de hauteur dans la partie la plus élevée. Les piles ont 15 pieds d'épaisseur sur 22 de longueur.

2°. L'aquéduc de Ségovie, construit avec de grandes pierres posées sans ciment, a deux rangs d'arcades uniformes qui ont 16 pieds de largeur. Plus de cent cinquante de ces arcades existent encore. Sa hauteur est de 100 pieds environ.

3°. On admire en Italie le pont-aquéduc de Civita-Castellana, qui a deux étages; le premier, qui a 120 pieds de hauteur, est percé de neuf grandes arches; les trois du milieu ont environ 80 pieds d'ouverture, les autres 60; le second étage est formé par une suite de petites arcades uniformes.

4°. En France, le pont du Gard est célèbre; cet ouvrage faisait partie d'un aquéduc qui conduisait à Nîmes les eaux de la fontaine d'Uzès, et dont la longueur totale était de plus de sept lieues. Ce pont offre trois rangs d'arcades; le premier rang en contient six, le second dix; le troisième, sur lequel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'aquéduc était soutenu, et dont il ne reste plus que trente-sept arches, en contenait un plus grand nombre. Les arches des deux rangs inférieurs ont environ 60 pieds d'ouverture; celle des arches du rang supérieur n'est que de 16 pieds; toutes sont en plein cintre. La hauteur totale de l'édifice est de 150 pieds environ. Le reste de l'aquéduc se prolongeait sous terre depuis les sources d'Uzès jusqu'à Nîmes.

5°. L'aquéduc antique de Metz traversait la Moselle, et se trouvait porté sur un grand nombre d'arcades; il en existe encore sur la rivière même plusieurs qui sont entières. Elles ont à cet endroit plus de 75 pieds de hauteur. Leur ouverture est de 20 pieds, et l'épaisseur des piles de 10.

Dans le moyen âge, on a construit quelques aquéducs qui rivalisent avec ceux des Romains. Celui que Théodoric fit bâtir auprès de Spolette est digne d'admiration. Il est composé de dix grandes arches gothiques ayant chacune plus de 60 pieds d'ouverture, et soutenues par des piles de 18 pieds d'épaisseur. Les arches du milieu, placées au-dessus du torrent Moragia, ont plus de 300 pieds de hauteur. Les autres sont beaucoup moins élevées, les deux coteaux sur lesquels elles sont bâties étant fort rapides. Au sommet du pont, sur le bord du côté d'amont, trente petites arcades gothiques soutiennent un aquéduc qui sert à porter les eaux dans la ville. Ce monument, d'une construction très hardie, subsiste encore en entier. Sa longueur totale est de 740 pieds, sa largeur est de 40 pieds.

Parmi les aquéducs modernes dignes de remarque, on distingue :

1°. L'aquéduc de Caserta, bâti par Vauvitelli en 1753. Il est composé de trois rangs d'arcades de 20 pieds d'ouverture. Sa plus grande hauteur est de 138 pieds.

2°. L'aquéduc de la Crau d'Arles, qui traverse un marais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et soutient les eaux du canal de la Crapone. Il fut construit en 1558. Sa longueur totale est de 1876 pieds. Les arches, qui sont en plein cintre, ont 18 pieds d'ouverture. La largeur de l'aquéduc est de 15 pieds dans la partie supérieure, et ses faces ont un léger talus. Les fondations sont établies sur un grillage en charpente.

3°. L'aquéduc d'Arcueil, bâti en 1624, est destiné à conduire à Paris les eaux de Rangis. On voit encore dans le même emplacement les restes d'un aquéduc qui avait été bâti par Julien pour alimenter les thermes. La longueur de l'aquéduc est de 1170 pieds, sa largeur est de 20 pieds et sa plus grande hauteur est 66 pieds. Cet aquéduc est consolidé par des contre-forts placés à environ 36 pieds les uns des autres, et dont les intervalles sont en partie remplis en maçonnerie, et en partie formés par neuf arcades. Il est entièrement en pierre de taille et d'une construction très soignée.

4°. L'aquéduc de Maintenon, qui était destiné à conduire à Versailles les eaux de l'Eure, a été entrepris en 1684 et abandonné en 1688, après avoir coûté, dit-on, plus de 22 millions. Il est maintenant dans un état d'abandon et de ruine. Cet aquéduc avait 2500 toises de longueur, et sa plus grande hauteur 230 pieds. Il devait avoir trois rangs d'arcades.

5°. L'aquéduc de Montpellier est le plus bel ouvrage de ce genre qui existe en France. Il a été construit par Pitot, pour conduire à Montpellier les eaux des sources de Saint-Clément et de Boulilou. Il est composé de deux rangs d'arcades; le rang inférieur en a 70, dont l'ouverture est de 26 pieds; celles du rang supérieur n'ont que 8 pieds. La plus grande hauteur de l'aquéduc est de 85 pieds. Il aboutit, par l'une de ses extrémités, à la place du Peyrou, dont il traverse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une partie, dans les promenades basses, sur trois arcades, et que l'on a décorée d'un château d'eau. Sa longueur totale est d'environ 500 toises.

Bains publics.

Les anciens ont déployé dans ces sortes d'établissemens une grandeur et une magnificence qui paraîtraient incroyables si les nombreux restes des thermes antiques que l'on admire à Rome ne l'attestaient d'une manière indubitable. Ce qu'on voit parmi les modernes dans ce genre, ne peut nullement soutenir le parallèle avec ces immenses constructions. Ammien-Marcellin comparait les thermes de Rome à des provinces, *in modum provinciarum extructa lavacra.* Au temps de Vitruve, ces établissemens gigantesques n'existaient pas encore; voilà pourquoi ils ne sont point décrits dans son ouvrage. Mécénas fut le premier qui entreprit de faire construire de vastes bains publics à Rome. Agrippa suivit cet exemple et déploya une telle somptuosité, que, le salon principal de ses thermes ayant été jugé par Auguste trop magnifique pour servir à cet usage, il exigea qu'on en fît un temple. Ce temple est le Panthéon, qui forme maintenant un objet d'admiration pour tous les amateurs de la belle Architecture. Les thermes d'Agrippa contenaient cent soixante-dix bains publics et gratuits.

Néron fit construire des thermes d'une très grande magnificence. Titus imita le même exemple. Ceux de Néron sont presque entièrement détruits; il n'en est pas de même de ceux de Titus, dont il existe encore des restes imposans.

Les thermes de Titus furent érigés sur une partie de l'emplacement occupé par la fameuse maison dorée (*domus aurea*) de Néron; on reconnaît encore des pans de murailles qui appartenaient évidemment à la première construction. Cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

immense édifice avait deux étages. Au rez-de-chaussée se trouvaient de nombreuses galeries et des salles de diverses dimensions destinées aux bains publics froids ou chauds, communs ou particuliers. Ces salles et ces galeries étaient peintes et garnies d'ornemens en stuc. On y voyait autrefois les fameux arabesques que Raphaël a imités avec tant de perfection au Vatican. On distingue encore maintenant, dans quelques-unes des salles, des fragmens de peintures et d'ornemens en reliefassez bien conservés. Des chefs-d'œuvre de Sculpture y étaient déposés; c'est là que le Laocoon fut retrouvé.

L'étage supérieur est presque entièrement détruit. Le grand réservoir d'eau qui alimentait les thermes de Titus se voit encore à un petit éloignement; on lui a donné le nom de *Sette-Sale*, parce qu'en effet il est composé de sept galeries parallèles dont chacune a environ 15 pieds de largeur; les murs de séparation ont 4 pieds et demi d'épaisseur. Les voûtes des galeries supportent une terrasse qui était pavée en mosaïque.

Les thermes de Caracalla offrent encore de magnifiques débris; on y reconnaît même les vastes salles nommées *exedræ amplissimæ*, et entre autres celle dont parle Spartien. (Voyez ce que nous avons dit page 111.) On y voit les restes du *Stade*, de la grande cour environnée de portiques; des exèdres en forme d'hémicycles, pour les discussions philosophiques; des salles circulaires pour les bains chauds (*calidarii*). Ce grand édifice contenait mille six cents siéges en marbre, pour les bains, et 2300 personnes pouvaient se baigner à la fois sans se voir. Les salons principaux étaient revêtus de marbre et ornés de bronze doré. Plusieurs des chefs-d'œuvre qui composent la fameuse galerie Farnèse, appartenant au roi de Naples, ont été trouvés dans ces thermes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le savant antiquaire M. *Guattani* a écrit un mémoire très curieux sur les thermes de Caracalla. (Voyez *Monumenti inediti,* octobre 1788.)

Les thermes de Dioclétien étaient encore plus vastes. Le grand salon est parfaitement conservé; Michel-Ange l'a converti en une église, sans altérer son plan primitif. Cette église, desservie par les chartreux, est une des plus grandes et des plus belles de Rome. Sa longueur totale est de 336 pieds; la grande nef a 84 pieds de hauteur et 74 de large. Une voûte à arête la couvre; les retombées de la voûte sont soutenues par des énormes colonnes monolithes en granite égyptien; elles ont 16 pieds de circonférence. Le sol actuel de l'église est relevé de quelques pieds au-dessus du sol antique, de manière qu'une partie des colonnes se trouve enterrée.

L'enceinte qui environnait les thermes de Dioclétien avait environ une demi-lieue de périmètre. Dioclétien employa 40 mille chrétiens pendant sept ans à cette immense construction.

On voit encore dans le jardin des moines de *San-Bernardo, à Termini,* le stade demi-circulaire qui faisait partie des thermes susdits. Ce stade était environné de gradins disposés comme ceux des théâtres antiques. L'église de ce couvent, qui a la forme d'une rotonde, est un des *calidarii* où l'on prenait les bains chauds. La voûte antique est remarquable par un beau compartiment de caissons qu'elle présente.

Un des péristyles des thermes forme le cloître des chartreux, dont le portique est soutenu par cent colonnes.

Les thermes dont nous parlons contenaient des portiques magnifiques, un grand nombre de salons très vastes, de grands hémicycles (*exedræ*), une célèbre bibliothèque, des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

promenades, des lieux destinés pour les écoles et pour les exercices gymnastiques, et des bains assez étendus pour que 3200 personnes pussent se baigner toutes à la fois. Un nombre immense de statues, de colonnes, des revêtemens en marbre précieux ornaient l'intérieur.

Serlio et Palladio ont donné les plans des thermes romains; quoique ces plans contiennent plusieurs choses idéales et qui ne s'accordent point avec l'état des ruines existantes, ils offrent néanmoins un objet d'étude très curieux et très instructif.

Edifices consacrés à la bienfaisance et à l'humanité.

Parmi les monumens les plus dignes d'un grand peuple et d'une nation éminemment civilisée, on doit placer ceux dont le but est d'alléger les souffrances et les misères de la vie humaine. Les hôpitaux, les hospices, les maisons de travail, les chauffoirs publics, les établissemens pour la distribution des soupes économiques et des médicamens, sont les principaux édifices de cette espèce.

Hôpitaux.

Il paraît que les anciens n'avaient point des établissemens de ce genre. La plupart des grandes villes modernes en sont abondamment pourvues. Par une magnificence bien louable, mais peut-être pas assez éclairée, on a donné à plusieurs hôpitaux une étendue très vaste; on a voulu admettre dans un seul local un très grand nombre de malades. Mais ne vaudrait-il pas mieux augmenter le nombre des hôpitaux et diminuer leur grandeur? Ne serait-il pas plus avantageux pour le bien-être des pauvres malades, qu'une ville eût plusieurs hôpitaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de médiocre grandeur, distribués à peu près comme les couvens de religieux, et dans lesquels chaque malade aurait sa cellule séparée, que d'avoir un grand et magnifique hôpital dans lequel les malades sont placés ensemble dans de longues galeries ?

Cette séparation offrirait plusieurs avantages importans :

1°. Chaque hôpital serait affecté à une maladie particulière ; ainsi il y aurait un hôpital pour les blessés, un pour les maladies cutanées, un pour les fièvres périodiques, un pour les fièvres contagieuses, un pour les vénériens, etc. Cette division, qui est d'ailleurs adoptée dans plusieurs grands hôpitaux où les divers genres de maladies ont une galerie à part, offrirait de bien plus grands avantages étant effectuée dans des locaux séparés.

2°. Quelques précautions que l'on prenne dans les grands hôpitaux pour purifier l'air, il est impossible que la réunion de plusieurs centaines de malades, affectés de différens maux, dans un même local, ne soit un foyer très dangereux de méphitisme et d'insalubrité, nuisible non-seulement aux pauvres malades, mais aux habitans d'alentour.

3°. La distribution d'un grand hôpital permet difficilement de faire usage de la méthode si utile de donner à chaque malade une cellule séparée ; méthode qui lui évite le désagrément de supporter le spectacle des mourans et des souffrances des voisins, qui augmentent, pour ainsi dire, ses propres peines, et lui font concevoir des craintes souvent funestes.

Quel que soit le parti que l'on adopte, un hôpital devrait toujours être isolé, et, si cela est possible, environné de jardins et de plantations. Si l'on fait usage de cellules, elles seront situées sur de vastes corridors bien aérés. Les *couchettes* ne seront point en bois, mais en fer proprement verni ; on obtiendra par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce procédé le double avantage de la propreté, et d'éviter les punaises et quelques autres insectes.

Lorsque les lits doivent être placés dans des galeries, ils seront environnés de rideaux. La circulation de l'air dans la galerie sera favorisée par un fourneau d'appel suivant la méthode de M. d'Arcet (Voyez page 293).

On devra toujours faire usage d'un moyen bien simple, indiqué par M. Cadet-de-Vaux. Ce savant a remarqué que là où les hommes, soit en santé, soit en maladie, forment réunion, les murs se pénètrent et se trouvent insensiblement surchargés d'exhalaisons infectes qui, dans les variations atmosphériques, transpirent dans ces mêmes murs. Il a en outre remarqué que le lait de chaux a la propriété de rendre inodores les objets les plus infects. M. Cadet-de-Vaux dit avoir, par ce moyen, ramené à un état purement inodore un cadavre en putréfaction, qu'on a dû exhumer pour des enquêtes judiciaires.

Il propose conséquemment d'employer la peinture au lait dont la chaux serait la base, pour empêcher les murs de s'imprégner de miasmes infects. Cette espèce de peinture forme un enduit en quelque sorte vernissé, qui rend nulle la porosité de la pierre, de la brique, du bois, et dont on peut très facilement enlever la poussière; elle jouit, de plus, de l'avantage de ralentir la nitrification des murs.

Voici la recette de la peinture au lait : pour peindre six toises carrées en première couche, il faut deux pintes de Paris de lait écrémé, six onces de chaux récemment éteinte, quatre onces d'huile de noix, ou de lin, ou d'œillet, trois livres de blanc d'Espagne.

On met la chaux dans un vase de grès, on verse dessus une portion de lait suffisante pour en faire une bouillie claire; on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ajoute peu à peu l'huile, remuant avec une petite spatule de bois; on verse le surplus du lait; et enfin, on délaie le blanc d'Espagne. On colore cette peinture, comme celle en détrempe, avec du charbon broyé à l'eau, des ocres jaunes, etc.

Un hôpital doit avoir une cour spacieuse environnée de portiques, une chapelle dont l'entrée sera au rez-de-chaussée, mais qui aura des tribunes pour les malades aux divers étages; un réfectoire pour les convalescens et pour les personnes de service; une pharmacie accompagnée de son laboratoire, et, s'il est possible, d'un jardin et d'une serre pour les plantes officinales; des salles pour les travaux anatomiques; une buanderie, de vastes cuisines; des logemens commodes pour le directeur, les médecins de service, les garde-malades et autres personnes attachées à l'établissement; une bibliothèque peu nombreuse mais bien choisie de livres de Médecine et de Pharmacie; une autre plus grande de livres instructifs et amusans à l'usage des convalescens.

Hospices.

Les hospices sont des espèces de couvens où l'on admet et l'on entretient les vieillards, ou bien les personnes affligées de certaines infirmités qui les rendent incapables de pourvoir à leur subsistance; il est des hospices destinés pour les enfans trouvés, pour les sourds et muets et pour les aveugles.

Tous ces établissemens doivent en général être placés loin des quartiers populeux, dans des sites spacieux et bien aérés où l'on puisse donner à leur enceinte une étendue suffisante pour contenir des jardins et de vastes cours environnées de portiques. Chaque individu aura sa petite chambre séparée; des chauffoirs, des réfectoires, des salles de travail, serviront pour toute la communauté, et auront une grandeur proportionnée au nombre des personnes qui la composent; des logemens sé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parés seront destinés pour les directeurs et les employés. La chapelle, qui aura des tribunes pour les personnes de l'établissement, pourra avoir une porte d'entrée sur la rue, et servir en même temps au public.

L'Architecture de ces monumens devra présenter un caractère de solidité et de simplicité, et devra être embellie plutôt par la régularité et par la belle proportion des parties que par les ornemens.

Maisons de travail.

La bienfaisance judicieuse et éclairée ne doit accorder un entretien et des secours gratuits qu'aux pauvres qui, par leurs infirmités, leur âge ou leur faiblesse, sont hors d'état de se procurer la subsistance par leur travail; mais c'est un abus aussi nuisible aux mœurs qu'à la prospérité générale que d'entretenir, par des aumônes mal placées, une foule de fainéans dans l'oisiveté et dans les vices qui en dérivent.

Des maisons de travail volontaire, où l'on emploiera les pauvres gens suivant leurs forces et suivant leurs facultés, sont de tous les moyens de charité les meilleurs. Le travail serait payé, non pas en argent, mais en nourriture et en vêtemens. Les pauvres qui n'ont pas de domicile trouveraient dans ces établissemens un refuge; ceux qui ont une demeure viendraient y passer la journée pour y travailler et y prendre leur nourriture.

Ces établissemens auraient des salles séparées pour les hommes, pour les femmes, et pour les enfans des deux sexes. Ces salles, bien aérées, seraient chauffées l'hiver par des tuyaux de chaleur; mais on ne placera pas immédiatement les cheminées ou les poêles dans la salle même, pour éviter les attroupemens et conséquemment les disputes qui pourraient se former autour du foyer. Des cuisines pour la préparation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des soupes économiques, une pharmacie pour les pauvres, un magasin d'étoffes et de vêtemens qui seront confectionnés par les pauvres et leur seront distribués en paiement; des ateliers où seront placées les machines convenables pour ces travaux, et pour les autres qu'on jugera convenables d'établir; des classes d'enseignement mutuel, feront partie de cet établissement, qui pourra être placé sous la direction d'un pieux ecclésiastique et des sœurs de la charité, dont le logement y sera annexé.

Édifices pour la sûreté publique.

Sous ce titre nous placerons les casernes qui servent de logement aux soldats destinés à assurer la tranquillité publique, en réprimant les tentatives criminelles qui pourraient la troubler. Nous y placerons aussi les lieux où les personnes coupables subissent les châtimens qu'elles se sont attirés.

Casernes.

Les casernes, ainsi que les hospices, exigent de vastes emplacemens et des cours spacieuses; elles doivent être placées vers les extrémités de la ville, dans les quartiers les moins populeux.

L'Architecture des casernes, quoique simple, admet plus de magnificence que les hospices. Les statues des guerriers célèbres, des trophées militaires, sont un genre d'ornement qui leur convient parfaitement. La façade peut être décorée d'un ordre dorique.

L'intérieur contiendra de vastes dortoirs, des réfectoires, de grandes cuisines, des salles d'armes, des magasins d'équipemens, des logemens commodes pour les officiers, et proportionnés à leurs grades; un certain nombre de chambres séparées pour les soldats mariés, une grande salle pour l'enseignement mutuel, des salles de discipline, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'hôtel des Invalides à Paris est peut-être la plus magnifique caserne que l'on connaisse.

Prisons.

Ces lieux, destinés à réprimer le crime, doivent être construits de manière à faciliter la vigilance des gardiens, et à s'opposer à toutes les tentatives de fuite de la part des coupables; d'un autre côté, les cellules qui leur seront destinées, doivent être exemptes d'humidité et de mauvaise odeur; elles seront suffisamment vastes pour que la masse d'air conserve le degré de pureté que la salubrité exige.

Une des meilleures dispositions que l'on puisse donner aux prisons, est de les établir autour d'une grande cour environnée de portiques; ces portiques seront fermés par de forts grillages, qui pourront être doubles pour plus de sûreté. Les cellules des prisonniers auront leur entrée sur ces portiques et chacune d'elles sera garnie d'une double porte, et aura une fenêtre munie de barreaux. Des fourneaux d'appel faciliteront le renouvellement de l'air dans ces portiques, et conséquemment dans les cellules : ces mêmes fourneaux pourront servir à rendre inodores les latrines, en y établissant un courant d'air, suivant le procédé de M. d'Arcet. Les prisons dont nous parlons sont celles destinées aux criminels qui, par leurs méfaits, se sont mérité une dure captivité.

Il doit y avoir d'autres espèces de prisons plus douces et plus commodes, pour les personnes qui ont commis des délits moins graves, et pour ceux dont la culpabilité est encore douteuse. Ces prisons pourront avoir un jardin, environné de murs très élevés, dans lequel les détenus se promèneront et prendront quelque récréation. Une chapelle leur permettra de satisfaire aux devoirs de religion; et l'on y fera de fréquentes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prédications auxquelles les prisonniers seront obligés d'assister, pour leur inspirer des sentimens de morale capables de les reconduire sur la voie de la probité et des bonnes mœurs. On établira des ateliers où les prisonniers devront se livrer à des travaux proportionnés à leurs facultés physiques ou morales; ces travaux, qui seront payés, procureront quelques adoucissemens à leur malheureuse situation. Les prisonniers de divers sexes devront être séparés : les jeunes gens auront également un quartier à part. Des écoles seront établies dans ces lieux.

On fera en sorte que tous les prisonniers aient une cellule séparée; mais si cela ne se peut, on construira des dortoirs amples et voûtés, dans lesquels on établira des *couchettes* en fer. Des salles d'infirmerie seront annexées à cet édifice, lequel contiendra en outre des logemens commodes pour les employés, et plusieurs autres logemens séparés pour les prisonniers qui, par leur qualité, méritent des égards.

Le caractère d'Architecture qui convient aux prisons est celui d'une grande solidité et d'une gravité sévère; des portes larges et basses, des fenêtres demi-circulaires, peu nombreuses; un entablement très simple soutenu par de gros modillons, sont les seules décorations applicables à ce genre d'édifice.

La façade des prisons de Venise offre au contraire une Architecture élégante, qui pourrait être convenable à un hôtel, mais qui n'annonce nullement sa destination réelle. Cette inconvenance est d'autant plus fâcheuse, que cette façade, considérée isolément, offre de belles formes, des proportions satisfaisantes et une exécution soignée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VII.

Des Monumens destinés à conserver la mémoire des personnes et des évènemens remarquables.

Cette classe de monumens se divise en deux genres: le premier se réfère à de simples individus ou à des familles, tels sont la plupart des monumens funèbres; le second intéresse des nations entières, et il se rapporte aux hommes illustres, ou aux évènemens mémorables.

Monumens funèbres.

Tous les peuples, même les plus grossiers, ont érigé des monumens funèbres, pour conserver le souvenir de leurs ancêtres. Primitivement ces monumens ne consistaient que dans de grands amas de pierres brutes, ou dans des monticules artificiels.

On forma ensuite ces monceaux avec plus de régularité et de solidité; on y employa de gros blocs taillés et assemblés avec soin; mais on conserva la forme conique ou la forme pyramidale. On trouve d'antiques monumens de cette espèce, non-seulement en Egypte, mais aussi dans l'Indostan et même en Amérique.

Les pyramides d'Egypte, que l'on a mises au nombre des merveilles du monde, ne sont réellement merveilleuses que par l'énormité de leur masse et par le travail immense qu'elles ont exigé; du reste elles n'offrent aucun intérêt comme objet d'art.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ruines de Rome antique nous offrent encore une pyramide bien conservée.

Cette pyramide a une base carrée de 89 pieds de côté, et 113 pieds de hauteur verticale. Une inscription qu'on y voit, nous apprend qu'elle a été construite dans le laps de trois cent trente jours, pour servir de monument à Caïus Cestius, par ses héritiers, d'après l'ordre qu'il en avait laissé dans son testament. Un portique précédait l'entrée de ce monument; car on voit encore deux des colonnes de marbre qui en faisaient partie. Au-dessus de ce portique était placée la statue en bronze de Cestius, dont on conserve des fragmens dans le Musée capitolin. L'intérieur contient une chambre sépulcrale ornée de stuc et de peintures.

Les Romains se sont distingués particulièrement par la magnificence de leurs monumens funèbres, qu'ils plaçaient ordinairement hors de la ville auprès des grandes routes les plus fréquentées. On voit encore le long de l'antique voie Appia un très grand nombre de ruines d'antiques mausolées, lesquels se trouvent épars des deux côtés sur la longueur de plus de deux lieues, et qui autrefois devaient annoncer d'une manière bien somptueuse l'entrée de la plus célèbre des cités.

On voit également hors de la porte de Pompéia les restes de divers mausolées, parmi lesquels on distingue le magnifique monument de *Mammia*, qui probablement devait avoir la forme indiquée pl. XXI, fig. 5, 6.

Le plus grand et le plus remarquable des monumens funèbres situés sur la voie Appia, est celui de *Cœcilia Metella*, épouse de Crassus.

Ce grand monument, construit avec un soin et une solidité admirables, était formé de deux parties dont la première, à base carrée, servait de soubassement à la seconde, qui était cylin-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

drique et avait 90 pieds de diamètre; un entablement orné de festons, terminait cette seconde partie; vraisemblablement elle était couverte par des gradins qui, se rétrécissant graduellement, supportaient au sommet la statue de Metella.

Il paraît que ce monument a servi de modèle à celui que l'empereur Adrien fit ériger, et qui maintenant forme le château Saint-Ange.

De même qu'au mausolée de Metella, un massif à base carrée servait de soubassement à une seconde partie de forme circulaire; un magnifique péristyle en marbre environnait cette seconde partie, qui était couverte par un comble sphérique, au sommet duquel se trouvait une énorme pomme de pin en bronze. Elle est déposée maintenant dans le musée du Vatican.

Le soubassement inférieur avait 253 pieds de longueur dans les quatre sens, et son entablement était orné de festons et de têtes de bœufs décharnées.

Le mausolée d'Auguste, aussi somptueux que le précédent, était situé sur le bord du Tibre au milieu d'un vaste jardin. Il était composé de trois parties cylindriques, concentriques, superposées, et dont le diamètre diminuait graduellement. Entre ces diverses parties se trouvaient des terrasses annulaires sur lesquelles on avait formé des plantations de cyprès. Cet édifice était revêtu extérieurement en marbre blanc, et il était surmonté par la statue colossale en bronze d'Auguste. Deux obélisques égyptiens monolithes étaient placés des deux côtés de la porte. L'un de ces obélisques orne maintenant la place de Sainte-Marie-Majeure; et le second, celle de Monte-Cavallo.

Auprès du mausolée d'Auguste était l'*Ustrinum*. C'était un emplacement environné de grilles en fer dans lequel on brûlait les cadavres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les monumens funèbres modernes, on distingue le cimetière de Pise, *Campo Santo*, qui est environné d'un portique gothique fort élégant et où l'on voit des peintures précieuses, faites dans le quinzième siècle. Le cimetière de Bologne est également remarquable par son portique et par les belles peintures qu'on y admire. Celui de Milan, nommé *Foppone*, a quatre portiques demi-circulaires adaptés aux côtés d'un carré. Ce portique est soutenu par de belles colonnes monolithes de granite. Au milieu de l'espace qu'il renferme s'élève une église qui a la forme d'une croix grecque.

Le cimetière du père Lachaise, à Paris, est remarquable par sa position pittoresque, par son étendue très vaste, par le grand nombre de monumens qu'il contient.

Monumens nationaux.

Par ce nom nous désignons les monumens érigés à l'honneur des hommes illustres en tout genre qui, par leur génie, leurs travaux ou leur bravoure, ont rendu des services signalés à l'état. Les statues, les colonnes honoraires, les arcs de triomphe, sont les principales espèces de monumens de ce genre. Rome antique nous en offre les plus beaux modèles. Nos musées sont remplis de statues érigées à l'honneur des empereurs, des consuls et des personnages distingués qui ont figuré dans l'empire romain. La place du Capitole présente la belle statue équestre en bronze de Marc-Aurèle, que les barbares ont respectée. Cette statue remarquable par la noble simplicité de sa pose, l'imitation embellie de la nature, et la fidélité du costume, mérite d'être étudiée par les artistes modernes chargés de travaux analogues.

La magnifique colonne Trajane a servi de modèle à la colonne de la place Vendôme. Cette dernière se fait surtout re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marquer par la richesse de la matière, par la finesse admirable des sculptures et par l'exécution la plus soignée.

La colonne Trajane formait tout-à-la-fois le monument triomphal et le mausolée de Trajan. On lit dans Cassiodore... *Cujus ossa in urnâ aureâ collocata, sub columnâ fori, quæ ejus nomine vocitatur, recondita sunt.*

Dion Cassius nous apprend qu'elle a aussi été destinée à conserver le souvenir de la hauteur des déblais que Trajan a fait effectuer pour former le forum qui portait son nom.

Cette colonne, qui a 149 pieds romains de hauteur, est formée par 34 blocs de marbre blanc. Dans l'intérieur, se trouve un escalier circulaire qui permet de monter jusqu'au sommet. Le bas-relief hélicoïde qui l'environne, représente des sujets relatifs aux deux expéditions de Trajan contre les Daces. Les figures ont environ deux pieds de hauteur moyenne; mais le sculpteur a eu la précaution d'augmenter un peu leur grandeur au fur et à mesure qu'elles s'élèvent.

La colonne Antonine est à peu près semblable à la précédente : elle a 133 pieds romains de hauteur, et elle est formée de 28 blocs de marbre blanc. Cette colonne a été restaurée avec quelques changemens par ordre de Sixte-Quint, qui fit placer à son sommet la statue de saint Paul.

Rome offre également les arcs de triomphe les plus magnifiques que l'on connaisse. On voit encore l'arc de Septime Sévère (dont nous avons parlé pag. 549); celui dit de Constantin, qui avait été primitivement érigé à l'honneur de Trajan, est d'une plus belle exécution et mieux proportionné que le précédent, quoique sa conformation soit à peu près la même. Le massif est en marbre blanc; les huit colonnes d'ordre corinthien qui le décorent, sont en jaune antique. Une partie des bas-reliefs ayant été faite du temps de Trajan, ils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont d'une élégance et d'une beauté remarquables; ceux que l'on a ajoutés postérieurement offrent, par la grossièreté de leur exécution, un indice de la décadence de l'art qui à cette époque était déjà très avancée.

L'arc de Titus, que l'on reconstruit dans ce moment, n'a qu'une seule porte; mais il se fait admirer par la perfection des détails et par la pureté des formes. Les arcs que l'on voit à Ancône, à Pola, à Bénévent et à Suse, sont construits à peu près sur le même modèle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VIII.

Monumens religieux.

VITRUVE, livre III, décrit les temples antiques de la manière suivante :

« Les temples se subdivisent en plusieurs espèces, auxquelles on a donné le nom d'*antes*, de *prostyle*, d'*amphiprostyle*, de *périptère*, de *pseudodiptère*, de *diptère* et d'*hypèthre*.

» Les temples nommés *antes*, ont des pilastres dans les encoignures (pl. XVIII, fig. 4), et sont surmontés d'un comble à deux égouts, qui forme fronton aux deux faces.

» Les temples *prostyles* ne sont ornés de colonnes qu'à la face de devant. (Pl. XXVIII, fig. 2.)

» L'*amphiprostyle* a des colonnes aux deux faces de devant et de derrière, et des frontons formés par les pentes du toit.

» Le *périptère* est environné de colonnes (pl. XXVIII, fig. 3); ordinairement il en a six aux faces antérieure et postérieure et onze à chacun des flancs. La largeur du portique formé par ces colonnes est égale à celle des entre-colonnemens. Le temple de *Jupiter Stator*, que Metellus fit construire par Hermodorus, est ainsi construit, de même que celui de *l'Honneur et de la Vertu*, érigé par ordre de Marius.

» Le *pseudodiptère* a huit colonnes aux faces de devant et de derrière, et quinze à chacun des flancs, y compris celles des angles; de plus, les murailles doivent se trouver sur l'alignement de la troisième colonne des faces de chaque côté, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière que le portique aura la largeur de deux entre-colonnemens et d'une colonne. On ne voit point à Rome de temples de cette espèce. Hermogène Alabandin donna la forme pseudodiptère au temple de Diane à Magnésie.

» Le *diptère* a huit colonnes aux deux faces, et chacun des flancs est garni de deux rangs de colonnes qui forment un double portique. Le temple de Quirinus, d'ordre dorique, et celui de Diane d'Ephèse, sont de ce genre. Ctésiphon fut l'architecte de ce dernier.

» L'*hypèthre* a dix colonnes aux faces, et un double portique sur les flancs comme le diptère; mais ce qui le distingue particulièrement, c'est que l'intérieur est découvert. Il a des portes aux deux façades. Rome n'a point de temple de cette espèce; il en existe un à Athènes, mais il n'a que huit colonnes aux façades; c'est le temple de Jupiter Olympien.

» Les divers espacemens des entre-colonnemens occasionnent une seconde subdivision des temples en cinq espèces nommées *pycnostyle*, *systyle*, *diastyle*, *aréostyle* et *eustyle*.

» L'entre-colonnement du *pycnostyle* est le plus resserré, et n'a que la largeur d'un diamètre et demi, comme on le voit au temple de Jules-César et à celui de Vénus situé dans la place publique qu'il a fait bâtir.

» Le *systyle* a un entre-colonnement de deux diamètres, comme on le voit au temple de la Fortune près le théâtre de Pompée.

» Ces deux manières ont le défaut de ne pas permettre le passage à deux à deux aux femmes qui font partie des pompes religieuses. De plus, les colonnes très resserrées masquent les ouvertures des portes, empêchent de voir les images des dieux, et gênent la circulation dans les portiques.

» L'entre-colonnement du *diastyle* est de trois diamètres de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

colonnes, comme on en voit un exemple au temple d'Apollon et de Diane. L'inconvénient de cette disposition est que les architraves sont en danger de se rompre à cause de la grandeur des intervalles.

» L'entrecolonnement des aréostyles étant encore plus large, on ne peut leur adapter des architraves de pierre ou de marbre comme on le fait aux autres espèces de péristyles, et on y supplée par des poutres couchées sur les colonnes. Ce mode rend les façades des édifices lourdes, basses et larges. L'usage est d'orner les frontons de ces sortes de temples de statues en poterie ou en cuivre doré, à la manière étrusque, comme on le voit aux temples de Cérès et d'Hercule près du grand cirque.

» L'*eustyle* est, de tous les modes d'entrecolonnement, le meilleur par sa beauté, sa solidité et sa commodité. La largeur de l'entrecolonnement est de deux diamètres et un quart; mais on donne à l'entrecolonnement du milieu (aux deux faces) la largeur de trois diamètres, pour que l'entrée soit plus dégagée.

» Hermogène a été inventeur du *pseudodiptère*, invention très estimable, parce qu'en élargissant le portique, un plus grand nombre de personnes peuvent s'y abriter en cas de pluie. Un temple *pseudodiptère*, vu extérieurement, offre d'ailleurs la même richesse et la même beauté que le *diptère*, soit par le nombre de colonnes qui se présentent à la vue, soit par leur rapprochement.

» La proportion d'un temple doit être telle, que sa largeur soit la moitié de sa longueur. La *cella* (partie interne) aura un quart de plus en longueur qu'en largeur. Le *pronaos* (porche qui précède la cella) sera compris entre les murs prolongés de la cella et le portique; les deux bouts de ces murs auront des pilastres de même dimension que les colonnes du portique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

auquel elles correspondront. Si le temple a plus de vingt pieds de large, il faut placer deux colonnes entre les pilastres qui en font la devanture. On pourra mettre, entre les entrecolonnemens du porche, des parapets ou des balustrades, soit en marbre (*plutei*), soit en menuiserie, garnies de portes.

» Si le temple a plus de quarante pieds de largeur en dedans, on placera dans son intérieur des colonnes dont le diamètre sera moindre d'un huitième ou d'un dixième de celles extérieures.

» L'épaisseur des murs des temples doit être proportionnée à leur grandeur, en faisant les pilastres des extrémités de la grosseur des colonnes.

» Les temples des dieux doivent être tournés de telle sorte, que, pourvu qu'il n'y ait rien qui l'empêche, le simulacre regarde vers l'occident, de sorte que le peuple, en faisant ses prières, voie le soleil levant. Si néanmoins cela ne peut se faire commodément, le temple doit être tourné de telle sorte que la vue domine une portion de la ville; s'il est placé sur le bord d'un fleuve, il sera tourné vers la rive; s'il est situé sur une grande rue, il regardera vers la rue, afin que les passagers puissent voir et saluer la divinité qu'on y adore.

» Les temples à la manière étrusque sont ainsi distribués : La longueur de l'emplacement que l'édifice doit occuper se divise en six parties, et on en donne cinq à la largeur; puis on partage de nouveau la longueur en deux parties, dont la première contient le péristyle et le porche; la seconde, les chapelles. La largeur de cette seconde partie se divise en dix parties, dont trois de chaque côté indiquent l'emplacement des chapelles.

» Les colonnes angulaires du péristyle feront face aux pilastres du porche, entre lesquels seront placées deux colonnes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui correspondront aux deux colonnes intermédiaires de devant.

» La grosseur des colonnes, à la base, sera la septième partie de la hauteur, et cette hauteur sera égale au tiers de la largeur du temple. Les colonnes seront diminuées d'un quart du diamètre au sommet; les bases auront en hauteur la moitié du diamètre du bas des colonnes; la hauteur du chapiteau sera également la moitié de ce diamètre. Des pièces de bois, jointes ensemble dans le sens horizontal, formeront l'architrave et auront la hauteur requise par les proportions de l'ordre. Ces pièces, réunies, auront une largeur égale au diamètre supérieur des colonnes. La réunion sera formée par l'insertion des clefs ou tenons en queue d'aronde (*subscudes*). Les pièces ainsi assemblées ne se toucheront pas, il restera entre elles un vide de la largeur de deux doigts; car si elles se touchaient immédiatement, elles s'échaufferaient faute d'avoir de l'air et se pourriraient bientôt.

» L'entablement, composé de ces poutres, d'une frise en maçonnerie et d'une corniche soutenue par des modillons, aura en hauteur le quart de l'élévation des colonnes.

» Au-dessus de l'entablement s'élèvera le fronton en maçonnerie ou en charpente, qui soutiendra le comble, et qui aura des pentes égales à celles du fronton, dont la hauteur sera le tiers de la base (*tertiarium*).

» On construit des temples circulaires de deux espèces. Les uns, appelés *monoptères*, n'ont point de murailles, mais seulement des colonnes dans leur pourtour. Les autres, nommés *périptères*, ont une muraille circulaire qui environne la *cella* et un péristyle tout autour (pl. XXIX, fig. 1, 2).

» Les monoptères sont environnés d'un soubassement à gradins circulaires. Le cercle du premier gradin aura un dia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre qui surpassera celui du temple de deux cinquièmes. Les colonnes, y compris les socles sur lesquels elles seront posées, auront une hauteur égale au diamètre du temple.

» Le temple périptère n'est posé que sur deux degrés. La largeur du péristyle est environ un cinquième du diamètre total. La *cella* aura intérieurement un diamètre égal à la hauteur des colonnes, sans y comprendre le socle. La voûte sphérique aura une hauteur égale au demi-diamètre de la *cella*, et sera surmontée d'un fleuron qui aura la grandeur d'un des chapiteaux corinthiens de l'ordre.

» On connaît d'autres temples dont la distribution diffère de ceux décrits précédemment. Les uns ont la cella intérieure deux fois aussi longue que large; dans d'autres des colonnes garnissent le pronaos; dans d'autres enfin on a supprimé les portiques latéraux et reculé les murs de la cella jusqu'à la rencontre de l'alignement des colonnes extérieures (pl. XXVIII, fig. 2, et pl. XXIX, fig. 5 et 8). On a introduit ces changemens pour la commodité des sacrifices; car on ne peut faire à tous les dieux des temples d'une même sorte, à cause de la différence des cérémonies qui sont particulières à chacun d'eux.

» Les autels seront moins élevés que les images des dieux; mais ils auront des hauteurs différentes, suivant la dignité du dieu auquel ils sont consacrés. Ainsi les autels de Jupiter et des autres dieux du ciel seront les plus élevés; conséquemment ceux de Vesta et des dieux de la terre et de la mer seront plus bas.

« Les temples des dieux tutélaires et ceux de Jupiter, de Junon et de Minerve, seront situés au lieu le plus éminent, afin que de là on découvre la plus grande partie de la ville; ceux de Mercure, d'Isis et de Serapis, seront dans le marché; ceux d'Apollon et de Bacchus, proche le théâtre; celui d'Her-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cule dans le cirque; celui de Mars dans un champ hors la ville, de même que celui de Vénus, qui doit être près des portes. La raison de cela se trouve dans les écrits des aruspices étrusques, qui veulent que les temples de Vénus, de Vulcain et de Mars, soient mis hors la ville; afin d'ôter aux jeunes gens et aux mères de famille, par l'éloignement du temple de Vénus, plusieurs occasions de débauche; et pour délivrer les maisons du péril des incendies, attirant hors de la ville, par des sacrifices à Vulcain, tous les mauvais effets de ce dieu qui préside au feu; et aussi, en mettant le temple de Mars hors des murailles, empêcher les meurtres et les querelles parmi les citoyens et les préserver des atteintes des ennemis. Le temple de Cérès doit être bâti hors de la ville, en un lieu reculé, et où l'on ne soit obligé d'aller que pour y sacrifier, parce que ce lieu doit être traité avec beaucoup de respect et avec une grande sainteté de mœurs. Les temples des autres dieux doivent aussi avoir des lieux commodes à leurs sacrifices. »

Il paraît que ce dernier précepte de Vitruve n'était pas généralement reçu, puisque le temple de Vesta se trouvait, à Rome, situé sur le Forum; celui de Vénus et de Rome était situé sur la Voie Sacrée auprès du Forum. Le temple de Mars Vengeur se trouvait également à un petit éloignement du Forum, dans un des lieux les plus habités de Rome antique.

Nous avons réuni, dans les pl. XXVIII et XXIX, les plans de plusieurs temples antiques.

On voit (pl. XXIX, fig. 3) le temple dit des Géans, à Agrigente, qui est le plus colossal que l'on connaisse. Ce temple, d'ordre dorique grec, a 490 pieds de longueur et 210 de largeur; les colonnes ont 14 pieds de diamètre et 75 de hauteur; l'ordre complet a 105 pieds d'élévation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 4 représente le temple de Jupiter Olympien dans la même ville. Il est de l'espèce nommée par Vitruve *diptère*.

Les fig. 6 et 7 indiquent l'élévation et le plan du Panthéon d'Agrippa à Rome. On doit remarquer que cette construction a été faite primitivement pour servir de salon aux thermes d'Agrippa, et qu'Auguste ayant fait changer cette destination en celle d'un temple, on y ajouta le magnifique portique en colonnes de granite qui le précède.

On voit, fig. 1, 2, un petit temple *périptère*, existant à Rome sur le rivage du Tibre. Les deux temples antiques que Nîmes possède sont indiqués fig. 8 et 9; le plan fig. 8 est celui de la maison carrée.

Le temple fig. 5 est celui d'Antonin et Faustine à Rome; il était précédé par une cour ornée avec magnificence, au milieu de laquelle était autrefois placée la statue équestre de Marc-Aurèle, que l'on voit maintenant sur la place du Capitole.

Le temple de Nerva (fig. 1, 2, pl. XXVIII) était également précédé d'une grande cour somptueusement décorée.

Les fig. 4, 5 représentent le temple de Mars Vengeur. Le mur de son enceinte avait deux rangs de niches dans lesquelles on plaçait les statues des guerriers qui avaient mérité les honneurs du triomphe.

On voit fig. 3 le plan du temple de *Vénus* et de *Rome* placé entre deux portiques, et dont l'empereur Adrien fut architecte. Ce temple renfermait deux *cellæ* tout-à-fait semblables; son péristyle était formé par des colonnes colossales cannelées en marbre blanc. Les portiques latéraux avaient des colonnes monolithes en granite. On voit les magnifiques débris de ce monument le long de la Voie Sacrée, entre le Colisée et l'arc de Titus. Le plan indiqué pl. XXII, fig. 2 est celui du temple de Serapis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'intérieur des temples antiques n'était nullement comparable à l'extérieur ni par la grandeur ni par la richesse de la décoration. On doit observer à cet égard que la *cella* n'était autre chose qu'une espèce de sanctuaire dans lequel on déposait le simulacre de la divinité. Les sacrifices se faisaient ordinairement dans le *pronaos* ou vestibule, et le peuple qui assistait à ces cérémonies n'entrait point dans le temple : voilà pourquoi ceux des temples qui n'étaient pas situés sur une place publique avaient une grande cour qui les précédait. Ainsi les cérémonies se faisaient à l'extérieur.

Dans les églises chrétiennes, au contraire, le peuple doit se trouver dans l'intérieur, voilà le véritable motif qui a fait abandonner le modèle des temples antiques, n'étant plus approprié à cet usage; et l'on a choisi celui des basiliques (voyez page 545), dans lesquelles les portiques, beaucoup plus larges, sont placés dans l'intérieur. Les plus anciennes églises de Rome ont un plan à peu près semblable à celui des basiliques décrites par Vitruve.

Deux ou quatre rangs de colonnes séparent l'intérieur en trois ou en cinq nefs, dont celle du milieu est plus large que les autres. Les portiques des nefs latérales sont souvent surmontés d'un second portique. Au fond de la grande nef se trouve un hémicycle semblable aux chalcidiques, (voyez pag. 545). C'est dans cet hémicycle que le chœur est placé.

On a ensuite ajouté à ce plan une nef transversale pour lui donner une conformation semblable à celle d'une croix.

Les plus anciennes basiliques ont des portiques composés de colonnes en marbre ou en granite, prises dans les monumens antiques, que l'on détruisait à cet effet, de manière que souvent ces portiques présentaient des colonnes de différens ordres et ayant des proportions inégales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'on ne put se procurer un assez grand nombre de colonnes antiques pour en former les portiques des basiliques, on substitua à ces colonnes des arcades dont les dimensions furent d'abord massives; elles acquirent successivement plus de légèreté; l'Architecture gothique s'introduisit alors, et les arcs à plein-cintre furent changés en arcades à ogives. L'élévation de ces édifices, quoique trop grande, leur donne cependant un caractère de grandiose et de majesté. Les plans gothiques ne sont pas dénués de beauté, et ils méritent d'être étudiés sous le rapport de la partie technique de l'Art.

Les fig. 1, 2, pl. X, représentent deux des plus célèbres édifices gothiques que l'on connaisse. Le premier plan est celui de la cathédrale de Milan, construite en marbre blanc, et laquelle, par sa grandeur et par la richesse étonnante de sa partie extérieure, a été mise au nombre des merveilles du monde. Le plan fig. 2 est celui de Notre-Dame de Paris.

Dans le seizième siècle, on abandonna le style gothique, et l'on adopta l'Architecture grecque et romaine; mais comme les temples antiques présentaient une conformation qui ne remplissait plus les convenances exigées par les nouveaux temples, on chercha à combiner les plans gothiques avec le genre de décoration antique. On diminua la hauteur de la grande nef; on donna aux voûtes et aux arcades la forme circulaire à plein-cintre; on plaça des entablemens et des impostes pour marquer la naissance des voûtes; ces entablemens furent soutenus par des colonnes ou des pilastres en relief. On donna aux arcades, aux portes et aux fenêtres une hauteur égale à deux fois la largeur; on supprima les nervures, les clefs pendantes, les ornemens minutieux et insignifians, pour les remplacer par des archivoltes régulières, par des niches ornées de statues, par des bas-reliefs, par des rinceaux et autres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ornemens imités de l'antique. Tels sont les principaux changemens que l'on introduisit. Il est fâcheux que la combinaison de deux genres aussi opposés que le gothique et l'antique, d'où résulte l'Architecture de nos églises actuelles, ne puisse se faire sans qu'il en dérive des défauts d'harmonie, d'unité et de correspondance plus faciles à indiquer qu'à corriger. Palladio est un des architectes qui a su le mieux éviter les écueils nombreux que présente la distribution des églises.

Les fig. 1, 2, 3, 4, pl. XXX, représentent deux coupes, un plan et une élévation de la magnifique église *del Redentore* à Venise, que l'on peut regarder comme un des chefs-d'œuvre du Palladio, et une des églises modernes les plus parfaites que l'on connaisse. Sa grandeur n'est point extraordinaire, puisqu'elle n'a intérieurement que 160 pieds de longueur (sans y comprendre le chœur, qui est pour ainsi dire séparé de l'église), 66 de largeur totale et 58 de hauteur dans la nef. Cependant ses proportions sont si harmonieuses, les détails sont d'un si bon choix, l'exécution en est si belle, que les connaisseurs la préfèrent aux temples plus vastes et plus somptueux que l'on admire à Rome et en plusieurs autres villes d'Italie.

Les colonnes isolées qui séparent le chœur de l'église produisent un effet admirable.

Cette église était autrefois desservie par les capucins ; voilà pourquoi Palladio, qui était fidèle observateur des convenances, en séparant le chœur de l'église, lui a donné cette simplicité sévère qui convenait à l'ordre des religieux desservans. Ce grand architecte a ainsi satisfait à cette condition sans troubler aucunement l'admirable harmonie et la correspondance des parties de ce précieux monument, lequel, semblable aux productions de Raphaël, ne surprend point au premier abord, mais dévoile progressivement une suite de beautés du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premier ordre à l'observateur attentif dont le goût est assez formé pour pouvoir les apprécier convenablement.

Le plan démontre l'art avec lequel les masses sont allégées, et combien ces allégemens introduisent d'élégance et de variété sans nuire à la solidité.

Une très jolie église, érigée par Palladio à *Maser*, dans le Trévisan, est représentée pl. XXX, fig. 5 et 6. C'est une rotonde élégante de 35 pieds de diamètre, dont la façade extérieure est, à l'imitation des temples antiques, ornée d'un péristyle élégant.

FIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES.

PRÉFACE..... PAGE 5
Table comparative de diverses mesures employées par les Architectes..... 14
Table de réduction des anciennes mesures en mètres et des mètres en anciennes mesures..... 15

PREMIÈRE PARTIE.

PRINCIPES ÉLÉMENTAIRES DE CONSTRUCTION.

Préambule..... 1

LIVRE PREMIER.

CHOIX ET PRÉPARATION DES MATÉRIAUX.

Avant-propos..... 2

CHAPITRE PREMIER.

Des pierres naturelles.

Considérations générales..... 3
Résistance des pierres aux pressions..... *ibid.*
Résistance des pierres aux frottemens..... 8
Inaltérabilité des pierres ou résistance qu'elles peuvent opposer à l'air, à l'eau, à la gelée, aux corrosions salines et au feu..... 9
Classification des pierres suivant les lithologues et classification usitée par les artistes..... 12

PREMIÈRE CLASSE.

Marbres ou pierres susceptibles de recevoir un beau poli.

Basalte..... 13
Porphyre..... 14
Serpentine..... 15
Granite..... *ibid.*
Marbres proprement dits, leurs qualités et leurs défauts..... 19
Marbres antiques..... 22

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marbres modernes..... 24
Sciage des marbres..... 27
Taille des marbres..... 31
Polissage..... *ibid.*

DEUXIÈME CLASSE.

Pierres dures non susceptibles d'être polies.

Qualités qui les distinguent..... 34

Pierres dures calcaires.

Liais..... 36
Cliquart et Roches..... 37
Banc franc et pierre de Saillancourt..... 38
Pierre travertine de Rome, piperno de Rome et pierre d'Istrie..... 39

Pierres composées.

Peperino de Rome, pierre meulière et grès..... 40
Schistes..... 41

TROISIÈME CLASSE.

Pierres tendres.

Lambourde et Saint-Leu..... 42
Conflans, ceppo de Milan et tufs..... 43

CHAPITRE II.

Des pierres artificielles et des mortiers.

Briques..... 44
Des mortiers en général..... 49
Chaux..... *ibid.*
Sable..... 57
Ciment..... 61
Pouzzolanes naturelles et artificielles..... 62
Des mortiers et des bétons..... 65
Du plâtre..... 72

CHAPITRE III.

Du bois.

Considérations générales..... 75
Résistance horizontale des bois..... 80

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance verticale..... 82
Adhérence des fibres..... *ibid.*
Du bois de Chêne..... 84
Bois résineux..... 86
Arbres qui croissent dans des lieux humides..... 87
Orme, Noyer, Châtaignier, Platane et Érable..... 88
Hêtre, Frêne, Charme, Olivier, Poirier, Buis, Ebène, Chêne-vert, Cornouiller..... 89
Préparation du bois pour être mis en œuvre..... *ibid.*
Sciage..... 90
Dessication et préservatifs..... 92
De la réunion des pièces de bois pour former les divers systèmes de charpente..... 93
Définition des noms principaux usités dans l'art de la charpente..... 95
Principes généraux pour diriger la composition des divers systèmes de charpente..... 96
Méthodes de renforcer les poutres..... 97

CHAPITRE IV.

Des métaux.

Considérations générales sur l'emploi du cuivre et du fer, et sur les qualités distinctives et les défauts des diverses qualités de fer..... 99
Expériences sur la force du fer..... 101
Réflexions sur l'emploi du fer dans les constructions..... 110

LIVRE DEUXIÈME.

DES PARTIES ÉLÉMENTAIRES QUI COMPOSENT LES ÉDIFICES EN GÉNÉRAL.

Préambule..... 113

CHAPITRE PREMIER.

Des murs.

Classification des murs..... *ibid.*
Extrait de Vitruve sur les diverses espèces de murs antiques..... 114
Murs en pierres de taille..... 117
Parallèles des méthodes antiques avec les modernes..... 119
Murs en moellons..... 126

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maçonnerie en briques..... 130
Maçonnerie en blocaille..... *ibid.*
Cloisons en bois..... 134
Murs de clôture..... 136
Murs de terrasse..... 139
Expériences sur la poussée des terres..... 140
Contre-forts..... 144
Murs couverts, mais qui ne sont pas voûtés..... 145
Murs principaux d'un édifice..... 149
Chaînes verticales pour affermir la maçonnerie..... 150
Chaînes horizontales..... 151
Ordres d'architectures..... 153
Réflexions sur l'usage des péristyles..... 155
Architecture en relief..... 158
Proportions principales des ordres..... 159
Entre-colonnemens..... 160
Enduits..... 161
Enduits antiques..... 162
Précautions pour faire des enduits durables..... 166
Stuc..... 167
Des ornemens moulés..... 168

CHAPITRE II.

Des voûtes.

Considérations générales..... 169
Classification des voûtes..... 172

PREMIER GENRE.

Voûtes simples..... *ibid.*

DEUXIÈME GENRE.

Voûtes composées, voûtes d'arête, voûtes à arcs de cloître et voûtes à lunettes..... 174
Voûtes à base polygone..... 176
Coupoles ou Dômes..... 177

TROISIÈME GENRE.

Voûtes irrégulières..... *ibid.*
Voûtes biaises et descentes..... 178

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME GENRE.

Voûtes imparfaites et mutilées; voussures et arrière-voussures..... 178
Encorbellemens et trompes..... 179
Arcs rampans..... 180
Modes de construction des voûtes en général..... *ibid.*
Voûtes en pierres de taille..... 181
Parallèle des méthodes antiques et modernes..... 182
Voûtes en moellons et en briques..... 184
Voûtes en poterie creuse..... 187
Voûtes en béton, avantage des voûtes construites en béton à la manière des anciens..... 188
De la poussée des voûtes..... 192
Expériences sur les points de rupture qu'éprouvent les voûtes par défaut de solidité..... 194
Epaisseur des voûtes..... 196
Théorie de la poussée des voûtes..... 198
Tables pour déterminer l'épaisseur des pieds-droits..... 203
Voûtes à berceau..... 207
Compartimens à caissons..... *ibid.*
Propriétés des voûtes à berceau..... 208
Voûtes d'arête..... 212
Utilité des voûtes d'arête; emploi qu'on en a fait dans les monumens antiques et dans les édifices gothiques..... *ibid.*
Voûtes à arcs de cloître..... 213
Parallèles des voûtes d'arête et des voûtes à arcs de cloître..... 216
Voûtes plates..... *ibid.*
Abus que l'on en a fait en France..... 217
Méthodes de soutenir les claveaux d'une voûte plate..... 219
Coupoles ou dômes..... 221
Voûtes postiches..... 223

CHAPITRE III.

Des planchers et des combles.

Considérations générales..... 225
Planchers..... 226
Méthode de Serlio; méthode hollandaise..... 228
Planchers sans poutres ni solives..... 229
Pavés en béton décrits par Vitruve..... 230
Terrazzo à la vénitienne..... 234

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Carrelage 236
Parquets 237
Soffites et plafonds 238
Des combles ..... *ibid.*
Parallèle des combles à l'italienne avec ceux usités en France 240
Inclinaison des combles 241
Des fermes qui soutiennent les combles 242
Frontons 245
Combles à croupes 248
Des noues et des noulets 249
Combles à base circulaire 250
Des fermes en planches ..... *ibid.*
Des fermes en fer 251
De la couverture des combles 252
Couvertures en marbre ..... *ibid.*
Couvertures en plomb et en cuivre 253
Couvertures antiques en tuiles alternativement plates et creuses ..... *ibid.*
Couvertures en tuiles creuses; tuiles à la hollandaise 254
Ardoises 255
Tuiles plates en usage à Paris 257
Des gouttières et des chenaux 259
Des citernes 262

CHAPITRE IV.

Des allégemens et des communications.

Préambule 267
Allégemens ..... *ibid.*
Principes généraux pour les allégemens 269
De l'emploi des contre-forts, des piliers et des colonnes pour alléger un mur. 272
Diminution des murs en grosseurs ou retraites 273
Diminution des ordres superposés 276
Des ressauts 280
Des ouvertures et des cavités 281
Niches ..... *ibid.*
Portes 283
Fenêtres 286
Cheminées 292
Des tuyaux et des fosses d'aisance 299
Escaliers 301
Des allégemens qui résultent de la distribution des édifices 303

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRE TROISIÈME.

DE L'ÉRECTION DES ÉDIFICES.

Avant-propos..... 307

CHAPITRE PREMIER.

Opérations préliminaires.

Définitions des diverses espèces de dessins linéaires..... 308
Des modèles et des épures..... 309
Devis et estimations..... *ibid.*
Approvisionnemens sur les chantiers..... 312
Transport des matériaux..... 314
Déblais..... 318
Remblais..... 328

CHAPITRE II.

Des fondations.

Diverses espèces de terrains..... 329
Des pilotis..... 333
Des moutons et des sonnettes..... 337
Epuisemens..... 340
Comparaison des diverses méthodes d'épuisement..... 342
Baquetage..... 343
Chapelet vertical et chapelet incliné..... *ibid.*
Vis d'Archimède..... 344
Pompes, leurs inconvéniens..... 345
Batardeau..... *ibid.*
Caissons..... 349
Machine à recéper les pieux..... 350
Enrochemens..... 352
De la maçonnerie des fondations en général..... 354

CHAPITRE III.

Construction des murs et des voûtes.

Taille des pierres..... 357
Bardage des pierres..... 360
Montage ou levage des menus matériaux..... 363
Echafaudages..... 365

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Montage ou levage des pierres de taille..... 368
Appareils pour le levage..... 369
Machines pour le levage..... 372
Parallèle des diverses méthodes..... 373
Inconvénient des grues..... 382
Brayet et louve..... 385
Cintres..... 388
Considérations sur le décintrement des voûtes..... 391
Considérations générales sur la conduite des travaux de maçonnerie..... 393

SECONDE PARTIE.

LIVRE QUATRIÈME.

DE LA DISTRIBUTION DES ÉDIFICES.

Avant-propos..... 397

CHAPITRE PREMIER.

Du goût et des convenances.

Du goût..... 399
Des convenances en général..... 400
Solidité..... 401
Appareils de sûreté..... 402
Economie..... 403
Régularité..... 405
Simplicité..... *ibid.*
Continuation des lignes..... 407
Des repos..... 409
Symétrie et variété..... 410
Unité et correspondance des parties..... 412
Des proportions..... 414
Des convenances particulières..... 415
Convenances qui dépendent de la destination d'un édifice..... *ibid.*
Convenances dépendantes du local..... 419
Classifications des édifices..... 425

CHAPITRE II.

Des habitations.

Préambule..... 427
Forme du plan général..... *ibid.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Façades..... 432
Cours..... 439
Étages..... 441
Inconvéniens de la multiplication des étages et de l'accumulation d'un grand nombre d'habitans dans un espace trop resserré..... 442
Appartemens..... 444
Écuries et remises..... 447
Cuisines et leurs dépendances..... 449
Escaliers..... 452
Maisons des anciens Romains..... *ibid.*
Extrait du second livre de Palladio relatif aux habitations..... 464
Exemples..... 472
Des palais royaux..... 475

CHAPITRE III.

Edifices destinés aux amusemens publics.

Cirques..... 477
Naumachies..... 480
Amphithéâtres..... 481
Description du Colisée..... 482
Théâtres antiques..... 494
Odéon..... 500
Théâtres modernes..... 501
Théâtre olympique de Vienne..... *ibid.*
Théâtre Farnèse, à Parme..... 503
Théâtres de Milan, de Naples, de Venise, de Modène, de Turin..... 504
Comparaison des théâtres d'Italie avec ceux de Paris..... 505
Distribution de la scène d'un théâtre à machines..... 507
Planches, trappes, trapillons, fermes et châssis..... 508
Planches du comble, cintre, grils, ponts volans..... 510
Des pièces accessoires annexées au théâtre..... 512
Foyers, escaliers, corridors, ventilateurs, chauffage..... 514
Moyens de préserver les théâtres du danger du feu..... 515
Éclairage des spectacles..... 517
Salles de danse..... 520
Salles de concert..... 521
Wauxhalls..... 522

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

Edifices consacrés à l'Instruction publique.

Édifices antiques de ce genre et spécialement les *palestres* et les *xystes*..... 524
Édifices modernes..... 526
Colléges..... 527
Universités..... 529
Amphithéâtre et cabinet de Physique..... *ibid.*
Amphithéâtre et cabinet d'Anatomie..... 530
Cabinets de Minéralogie, de Métallurgie et de Plastique..... 531
Cabinets de Zoologie et de Physiologie végétale..... 532
Jardin botanique..... *ibid.*
Serres chaudes..... 533
Ménagerie..... 534
Jardin et cabinets d'agriculture pratique..... 535
Conservatoires des Arts et Métiers..... *ibid.*
Écoles des Beaux-Arts..... 536
Classes de Peinture, d'Architecture, d'Ornemens..... 537
Collections d'ornemens, de fragmens et de modèles d'Architecture..... 538
Musées..... *ibid.*
Parallèle du Musée royal de Paris avec celui du Vatican..... 539
Galeries de tableaux..... 541
Bibliothèques et galeries qui y sont annexées..... 542

CHAPITRE V.

Des Edifices qui servent aux réunions publiques.

Places publiques.

Descriptions des *Fori* antiques, d'après Vitruve..... 544
Basiliques, d'après Vitruve..... 545
Curies, d'après le même auteur..... 547
Promenades à couvert auprès des théâtres antiques..... 548
Description du *Forum* romain..... 549
Arc de Septime-Sévère, *Milliarium aureum*, Temple de Jupiter tonnant.. 550
Temples de la Concorde, de Vespasien, Comices, Curia Hostilia..... 551
Basilique Porcienne, Grecostasis, Rostrum, Temples de Castor et Pollux, de Vesta..... 552
Arc de Fabius le Censeur, Basilique Émilienne, Temples de Janus, de Saturne, Colonne de Phocas, Statue équestre de Domitien..... 553

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des diverses espèces de places modernes..... 554
Places analogues aux *Fori*..... *ibid.*
Description de la place de Saint-Marc, à Venise..... 555
Places qui précèdent les grands édifices..... 557
Description de la place de Saint-Pierre à Rome..... *ibid.*
Places pour faciliter la circulation..... 559
Place Louis XV à Paris, Prato della valle à Padoue..... 560
Places pour les foires..... *ibid.*
Foires de Vérone et de Bergame..... 561
Places d'armes..... *ibid.*
Places d'armes couvertes..... 562
Basiliques modernes..... 563
Basiliques de Padoue et de Vicence..... *ibid.*
Bourses. — Bourse de Paris..... 564
Tribunaux ou Palais de Justice..... 565
Salles d'audience..... 566
Salle des pas-perdus..... 567
Hôtels-de-Ville..... 568
Description du Capitole moderne à Rome..... *ibid.*
Hôtels-de-Ville de Lyon, de Paris, d'Amsterdam..... 569
Salle des séances pour les Chambres..... 570

CHAPITRE VI.

Edifices consacrés aux approvisionnemens, à la sûreté et à la salubrité.

Abattoirs..... 572
Entrepôt des vins..... 573
Greniers d'abondance..... 574
Marchés..... 575
Halle au blé..... 576
Édifices consacrés à la salubrité..... 577
Conduite d'eaux et fontaines..... *ibid.*
Description du canal de l'Ourcq..... *ibid.*
Aquéducs antiques..... 585
Bains publics..... 590
Thermes de Mécénas, d'Agrippa, de Néron, de Titus..... *ibid.*
Thermes de Caracalla..... 591
Thermes de Dioclétien..... 592
Édifices consacrés à la bienfaisance et à l'humanité..... *ibid.*
Hôpitaux..... 593
Hospices..... 596

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maisons de travail, chauffoirs, ateliers..... 597
Édifices pour la sûreté publique..... 598
Casernes..... *ibid.*
Prisons..... 599

CHAPITRE VII.

Des Monumens destinés à conserver la mémoire des personnes et des évènemens remarquables.

Monumens funèbres..... 601
Pyramides d'Égypte..... *ibid.*
Pyramide de Cestius à Rome, monument de Mammia à Pompéïa, et de Cécilia Metella, près de Rome..... 602
Mausolées d'Auguste, d'Adrien, *Ustrinum*..... 603
Campo Santo de Pise, Foppone de Milan, Cimetière du père Lachaise, à Paris..... 604
Monumens nationaux..... *ibid.*
Statues..... *ibid.*
Colonne de la place Vendôme, Colonnes Trajane et Antonine..... 605
Arcs de triomphe de Septime Sévère, de Constantin, de Titus, d'Ancône, de Pola, de Bénévent et de Suse..... 606

CHAPITRE VIII.

Monumens religieux.

Description des temples antiques, d'après Vitruve..... 607
Temple des géans, à Agrigente..... 613
Panthéon de Rome, Temples de Nîmes, Temples à Rome, d'Antonin et Faustine, de Nerva, de Mars vengeur, de Vénus et Rome..... 614
Parallèle des temples antiques et des églises chrétiennes..... 615
Basiliques ou églises primitives..... *ibid.*
Églises gothiques..... 616
Églises modernes..... 617
Eglises du Palladio..... 618

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE

DE CONSTRUCTION

APPLIQUÉE

A L'ARCHITECTURE CIVILE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° K02.2

TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE

DE CONSTRUCTION

APPLIQUÉE

A L'ARCHITECTURE CIVILE;

PAR M. J.-A. BORGNIS.

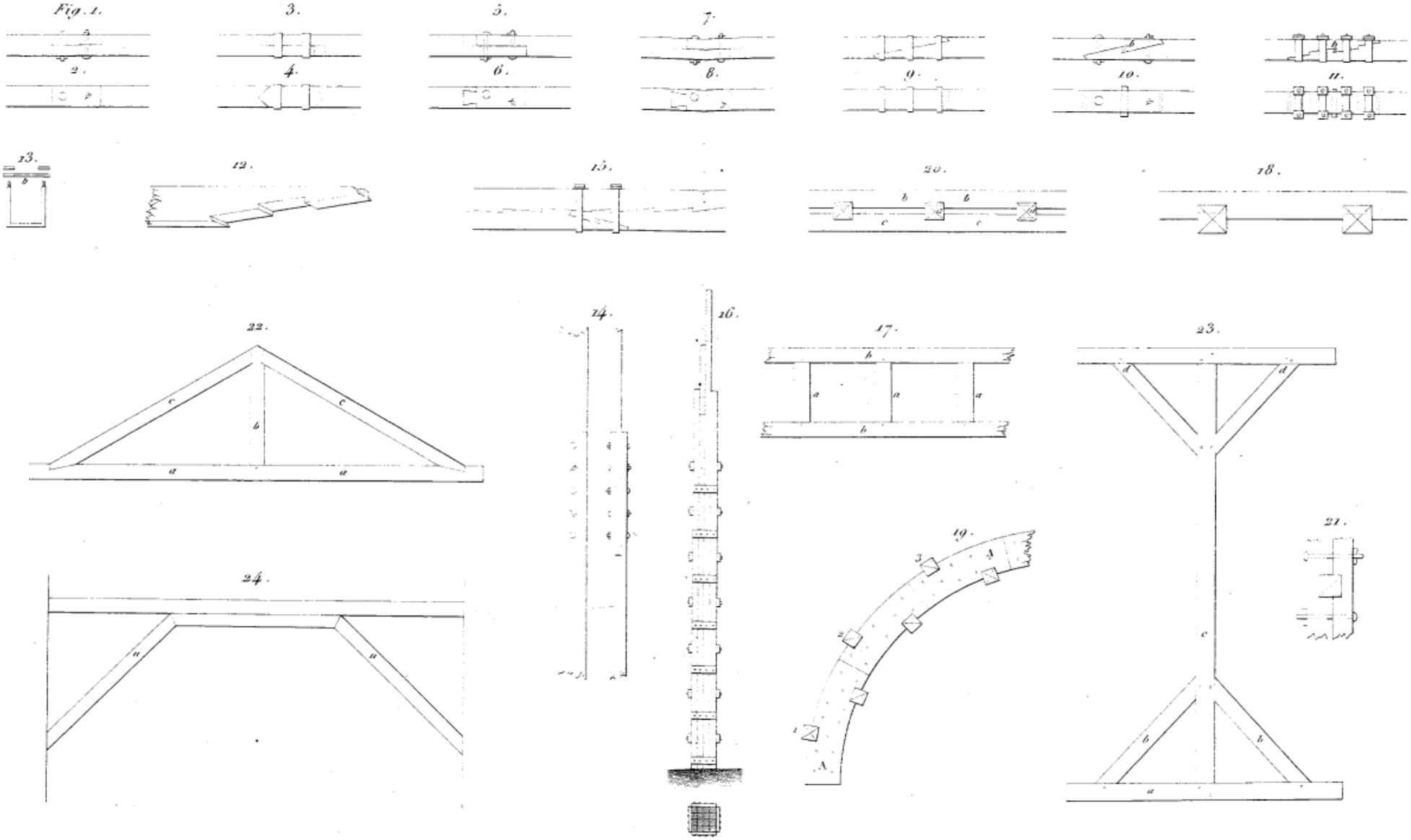
Planches.

PARIS,
BACHELIER, LIBRAIRE (SUCCESSEUR DE Mme Ve COURCIER),
QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

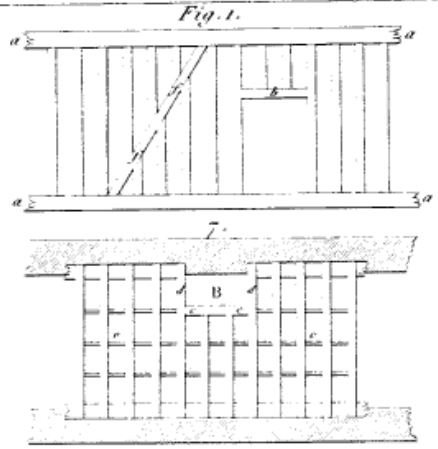
1823.

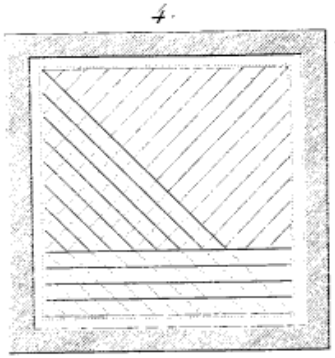


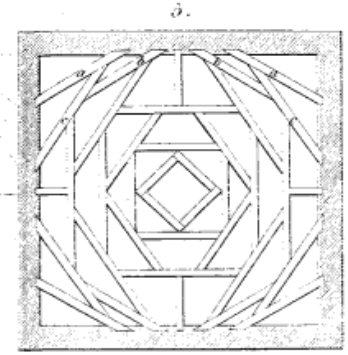
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

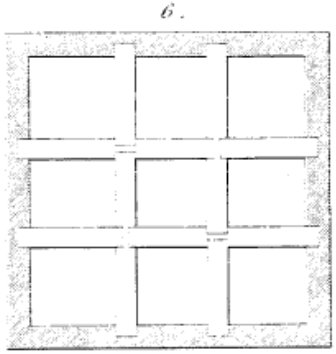


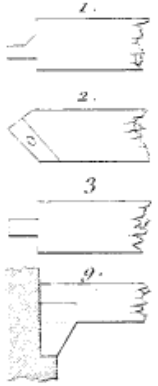
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

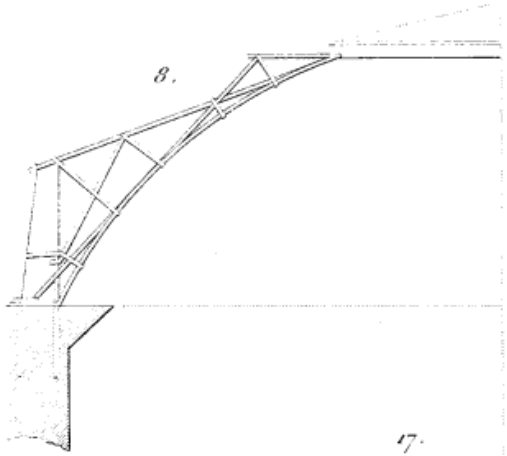


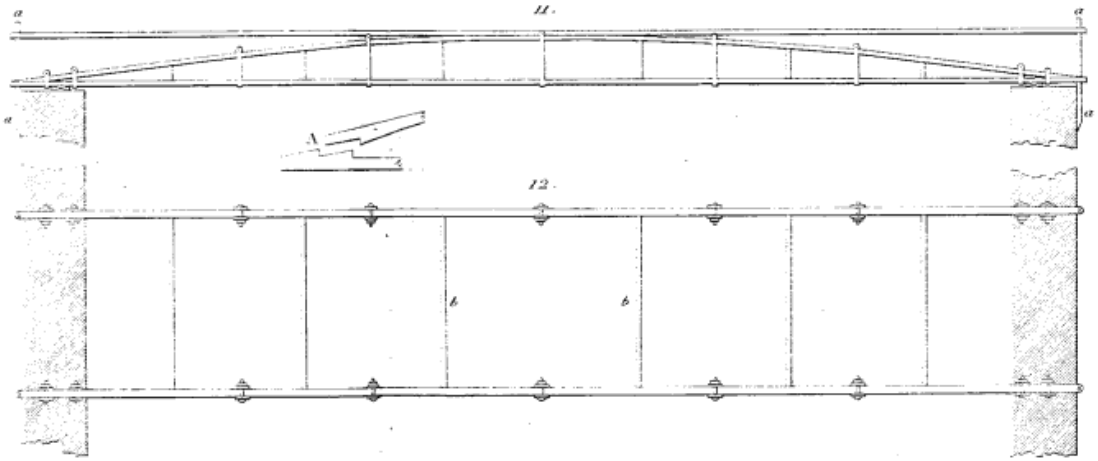


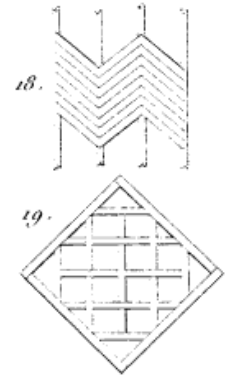


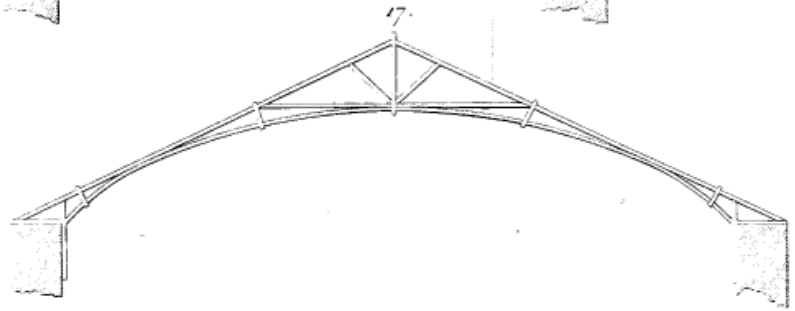


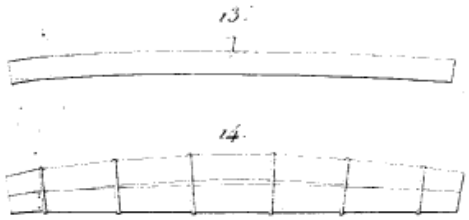


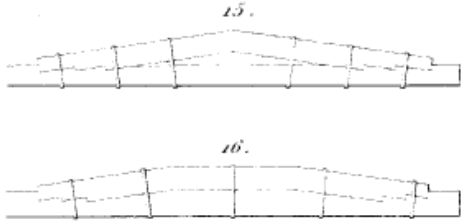




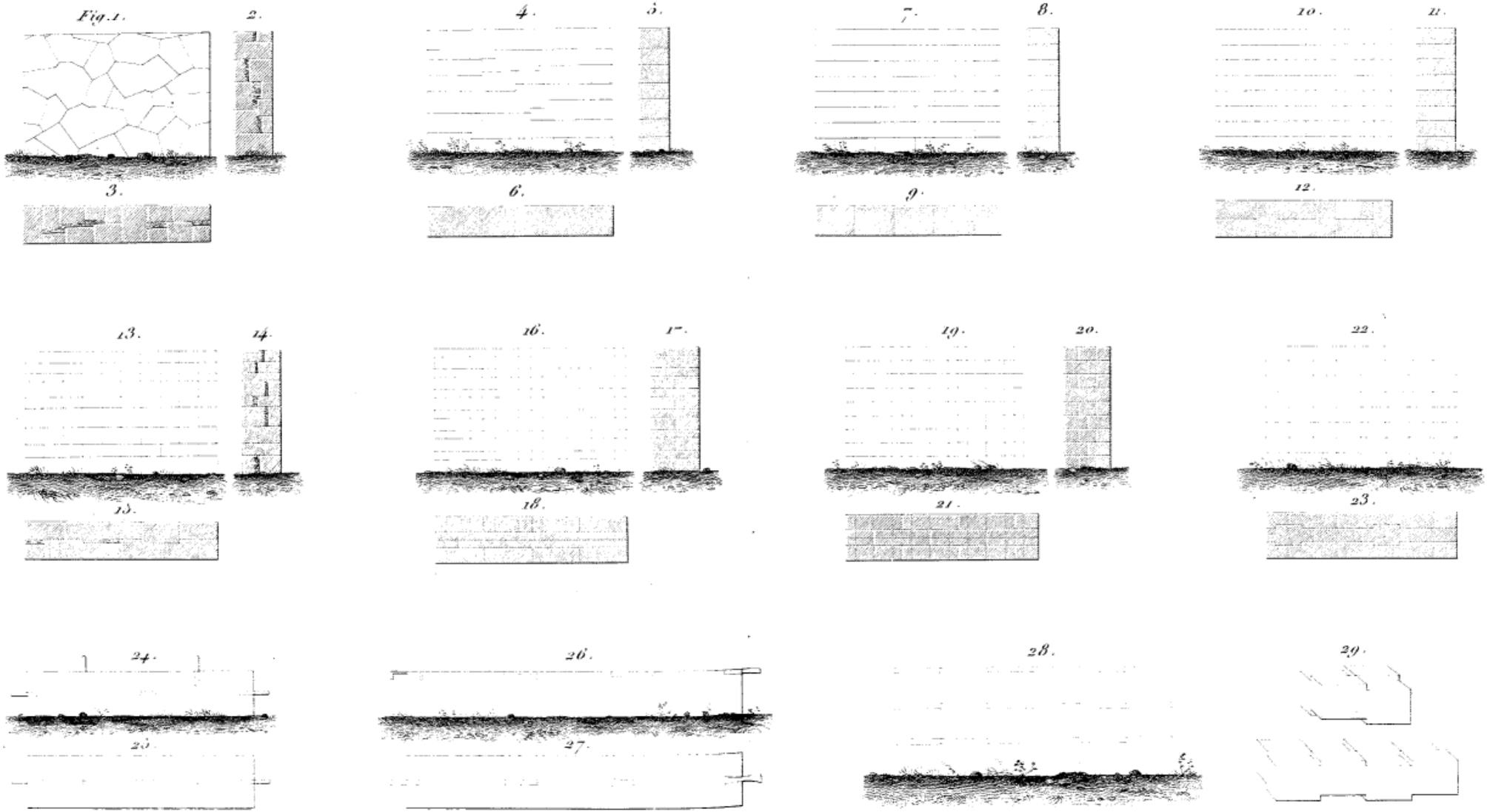








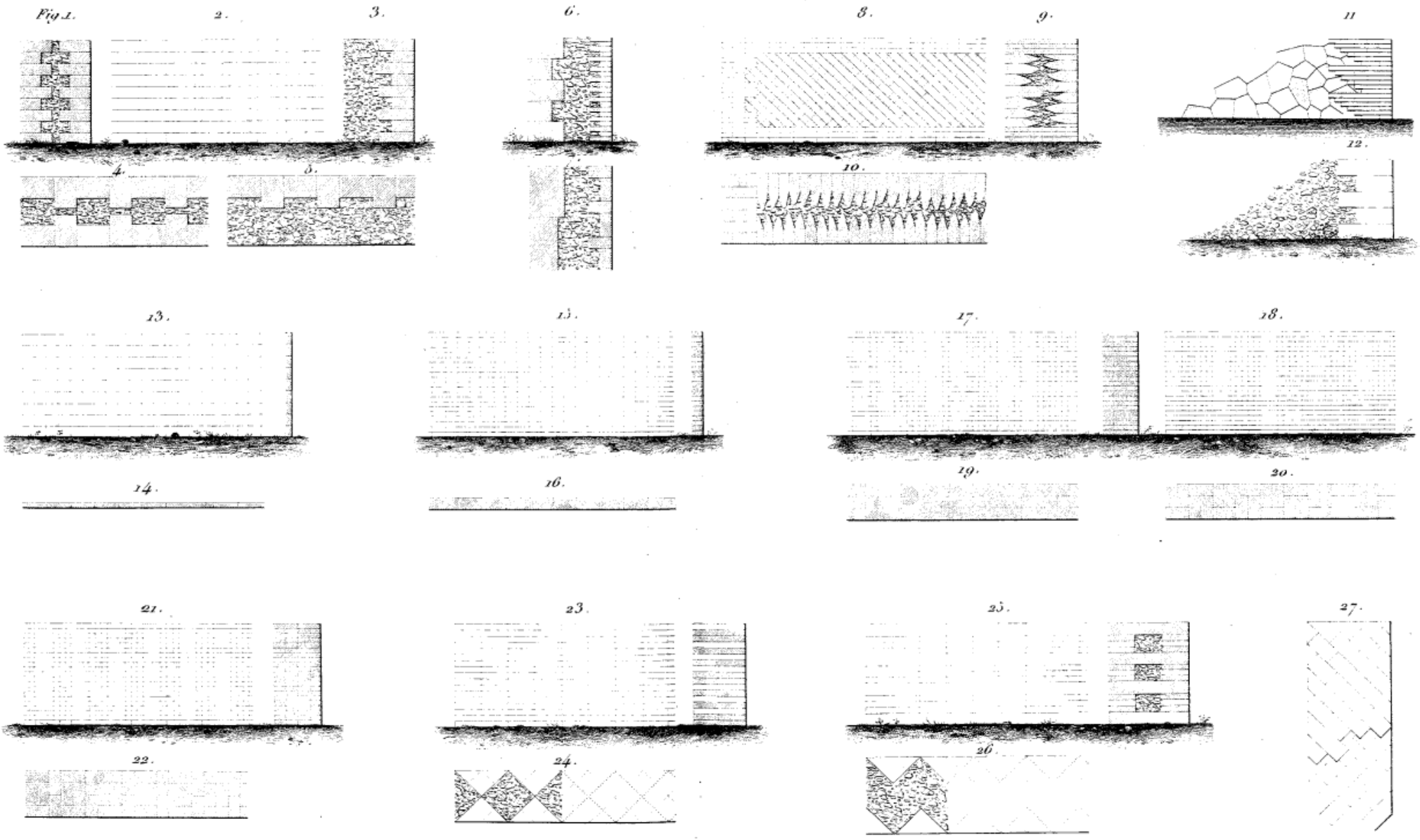
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Dessiné par E. Oliviers

Gravé par Adam

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

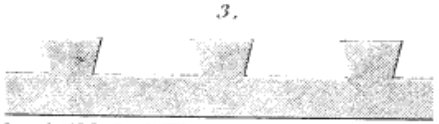


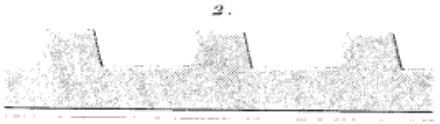
Dessiné par E. Ollivier

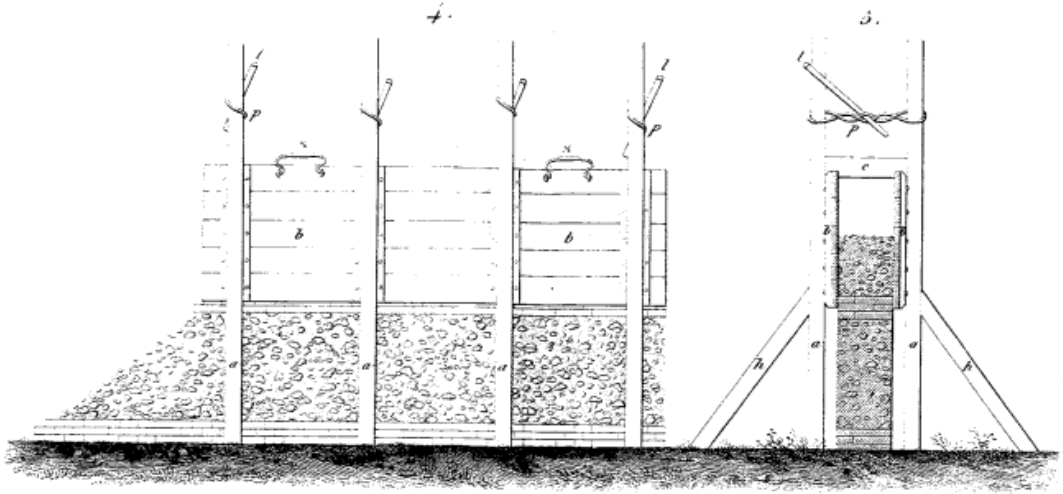
Gravé par Adam.

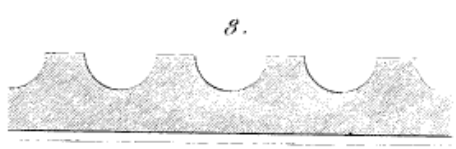
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

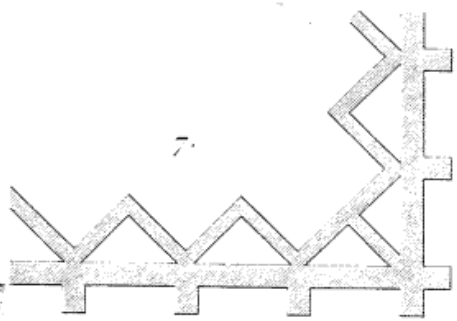


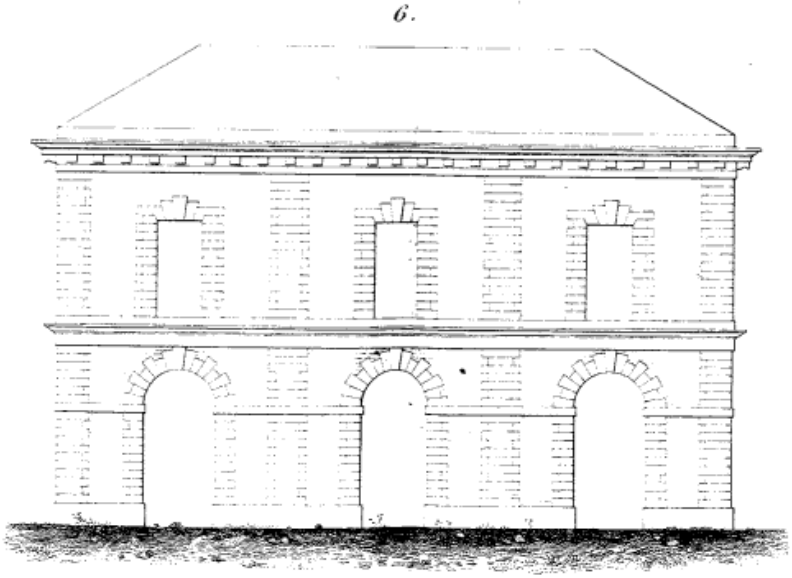


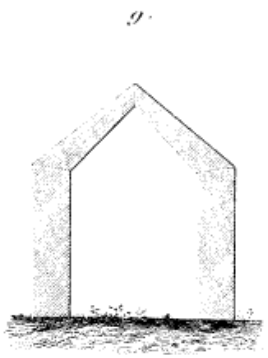


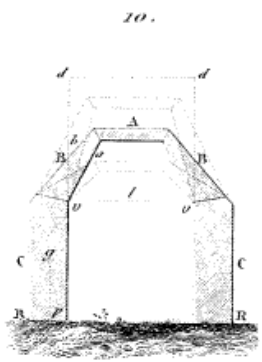


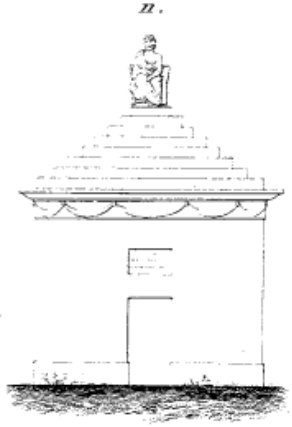


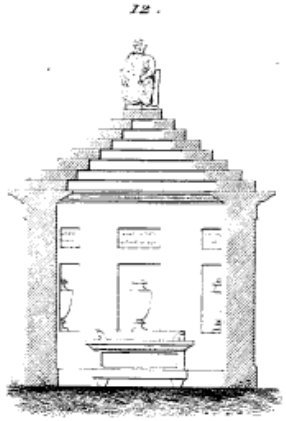






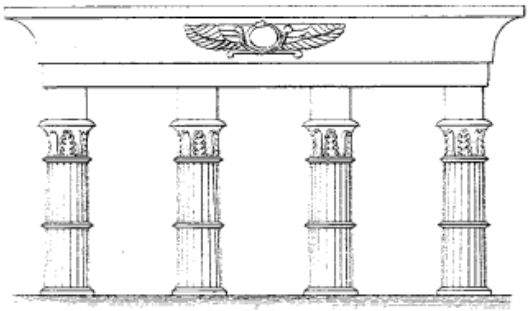




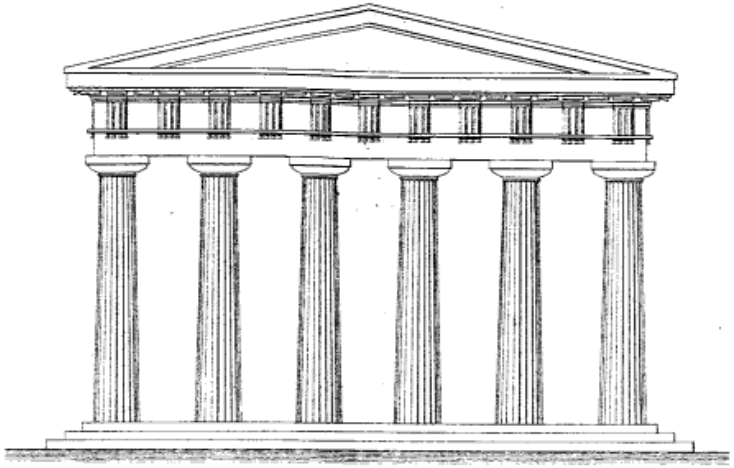


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

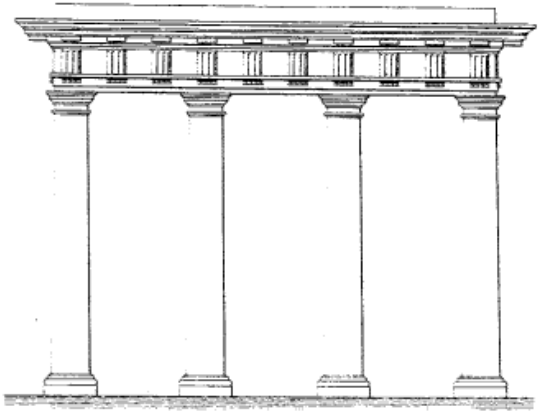
Fig. 1.



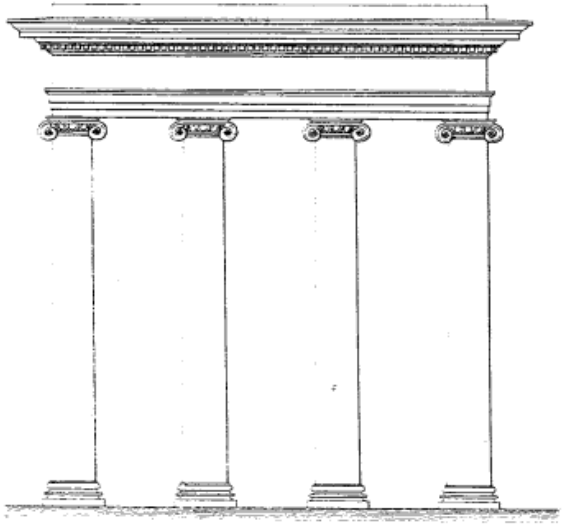
2.



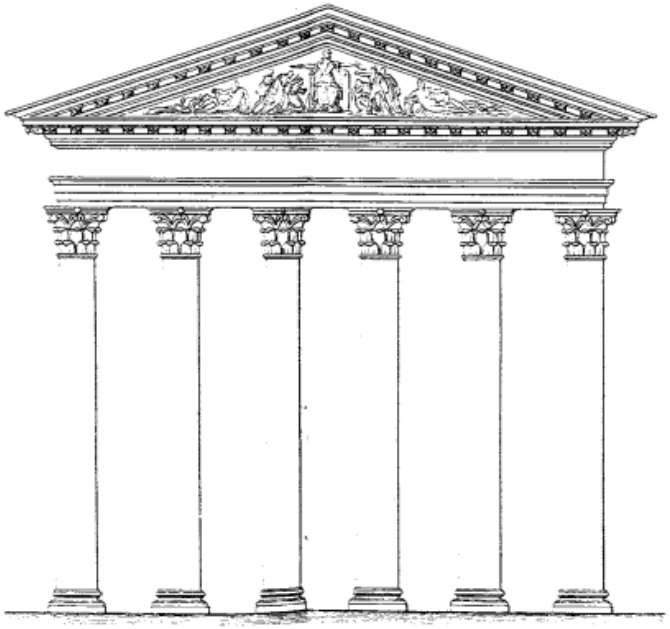
3.



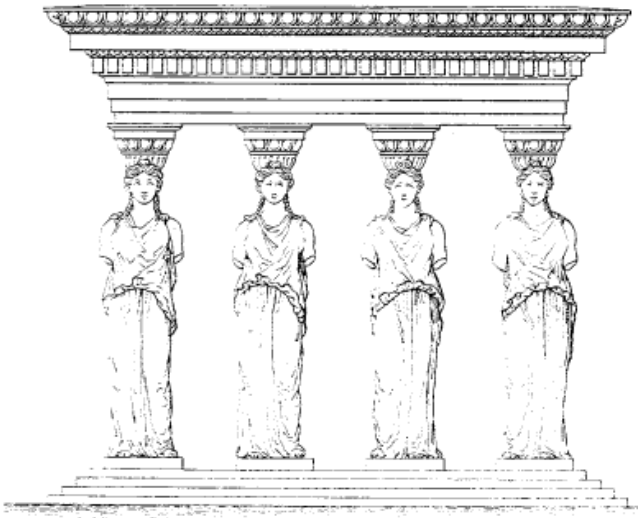
4.



5.

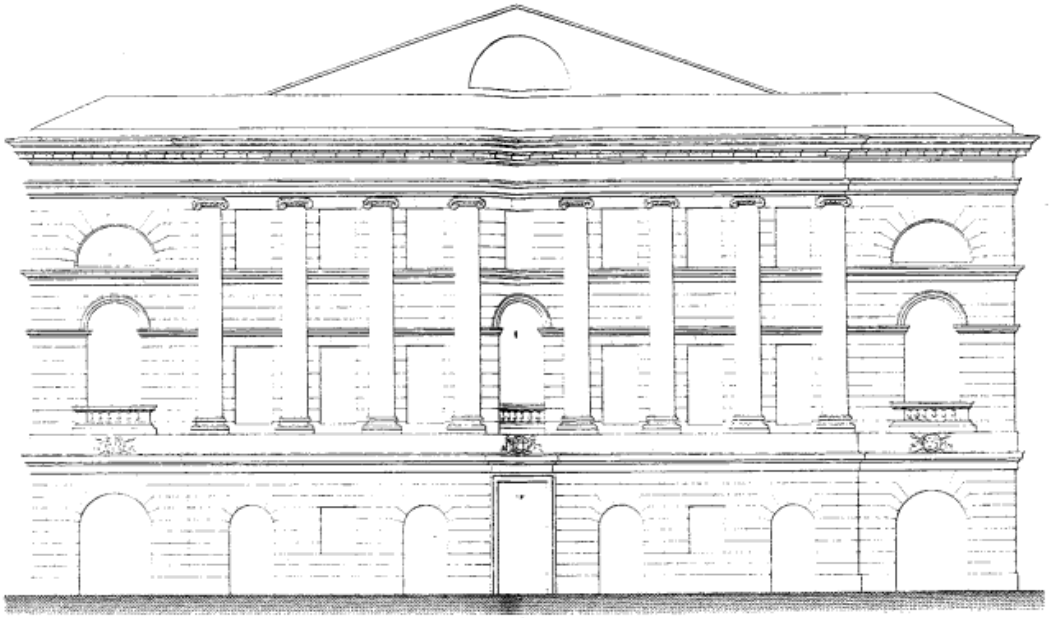


6.

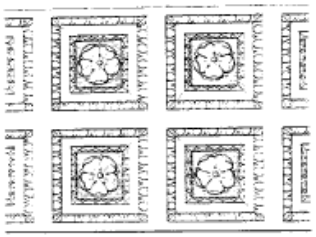


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

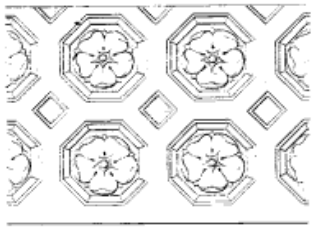
Fig. 1.



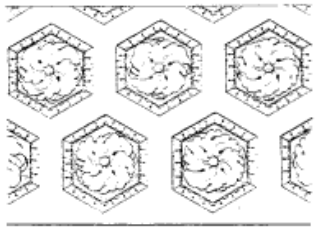
2.



3.



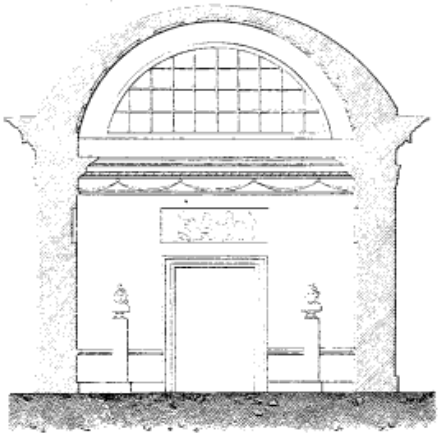
4.



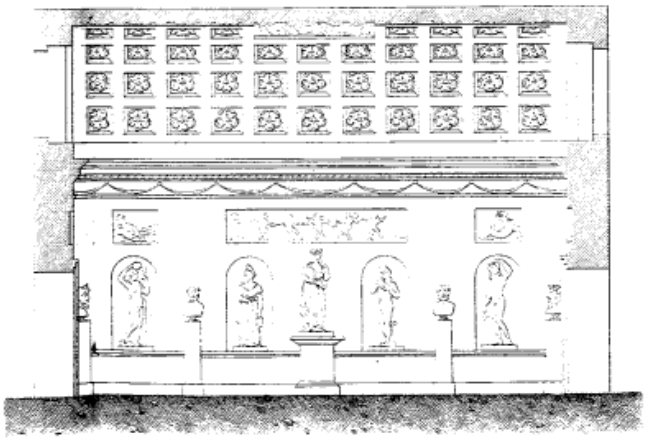
5.



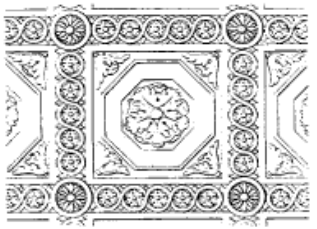
6.



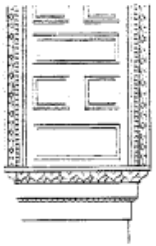
7.



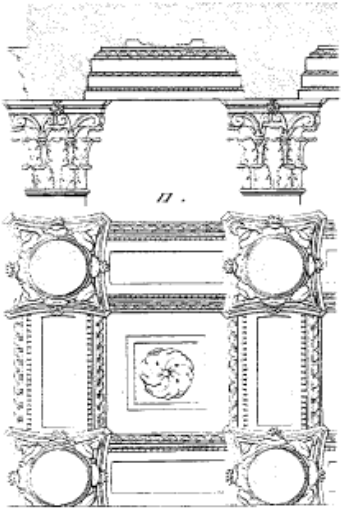
8.



9.

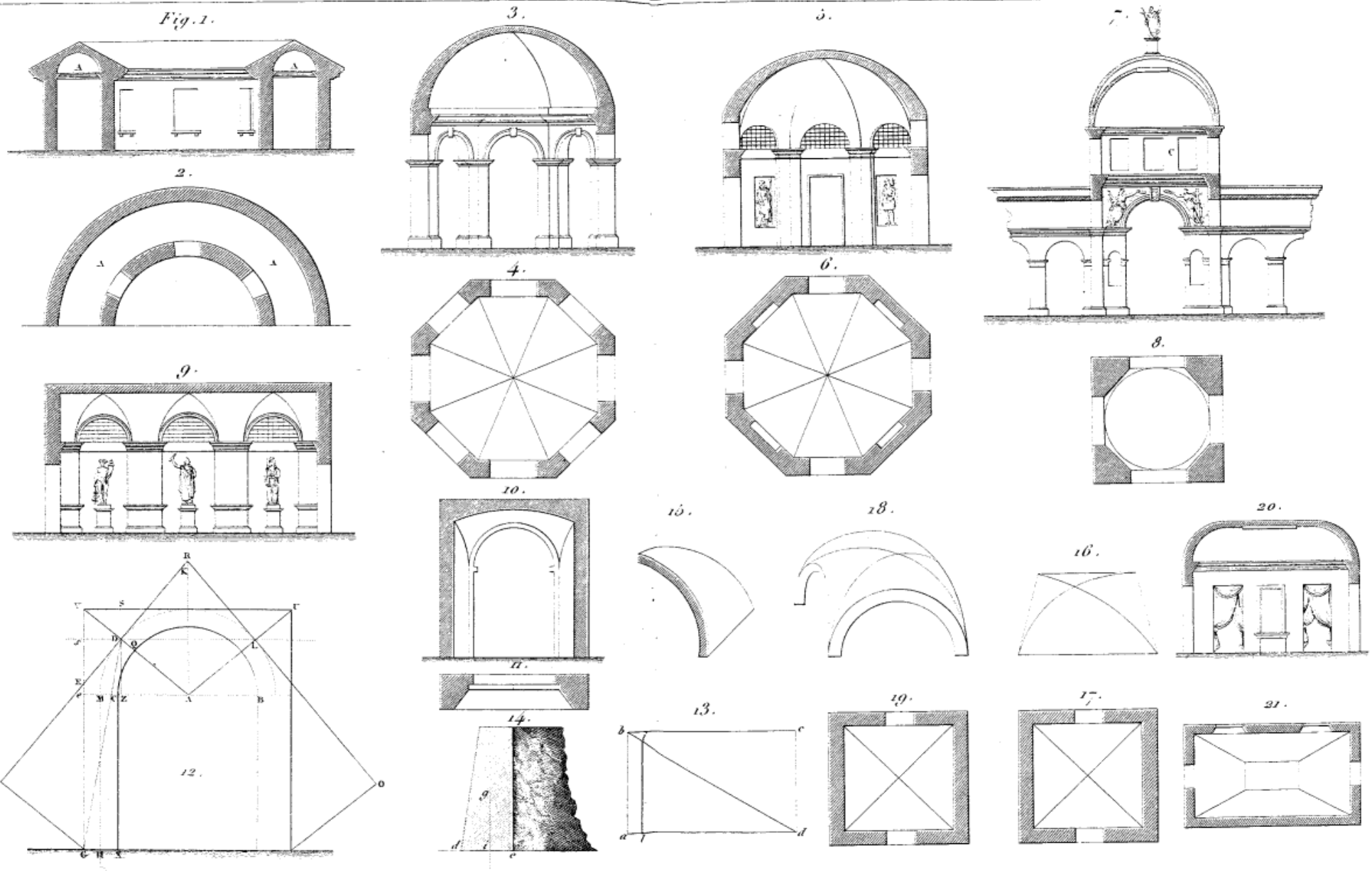


10.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

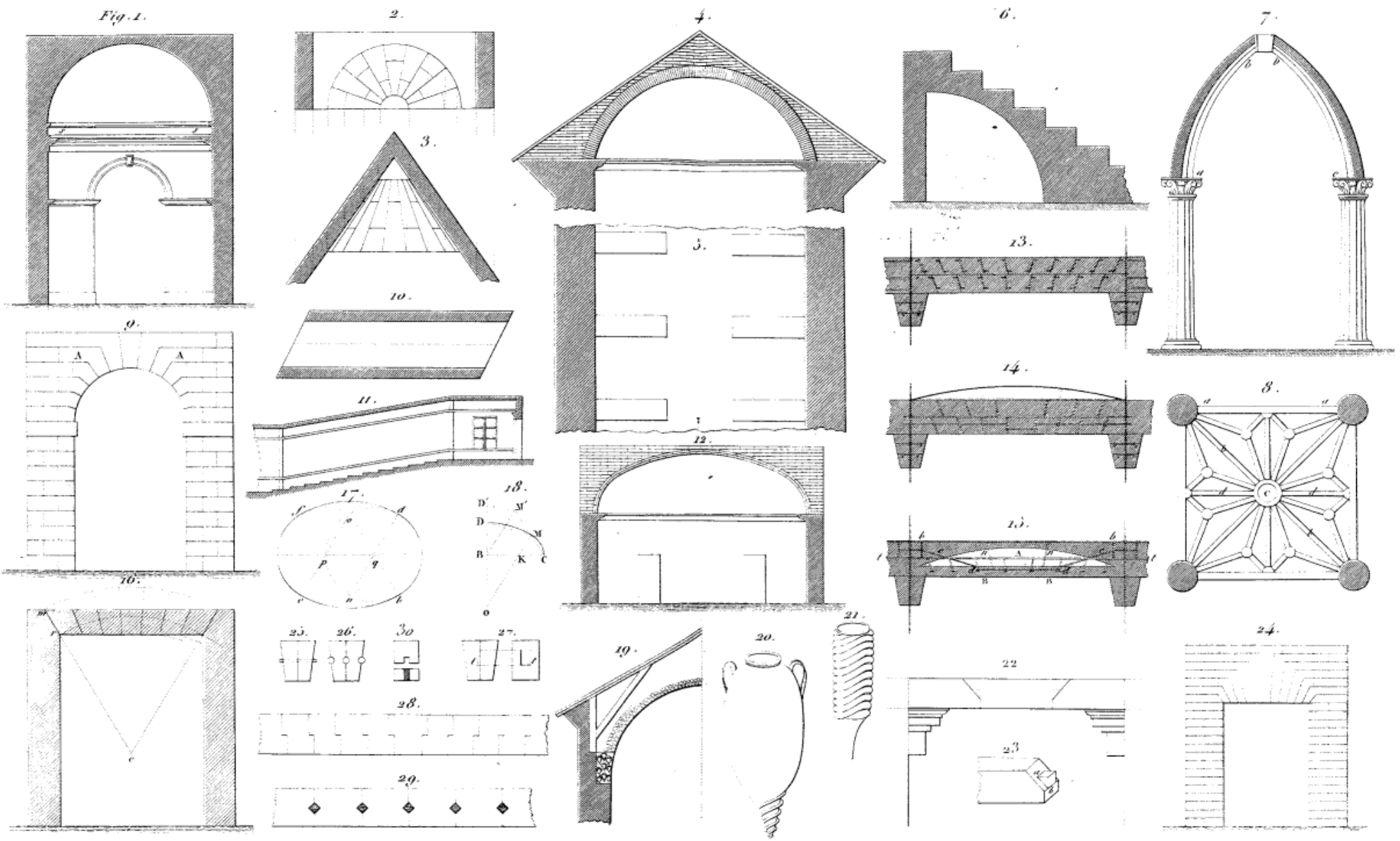
Imprimé par E. Ollivier. Gravé par Adam.



Dessiné par Sedat

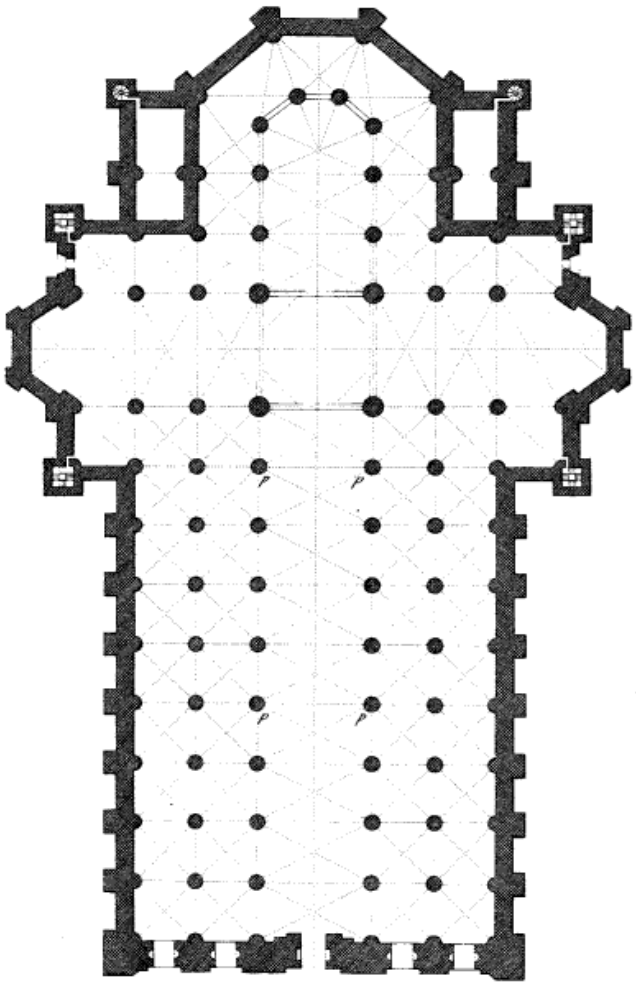
Gravé par Adam

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

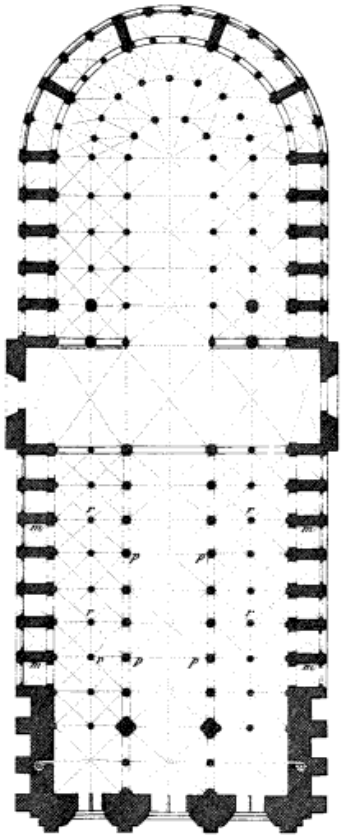


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

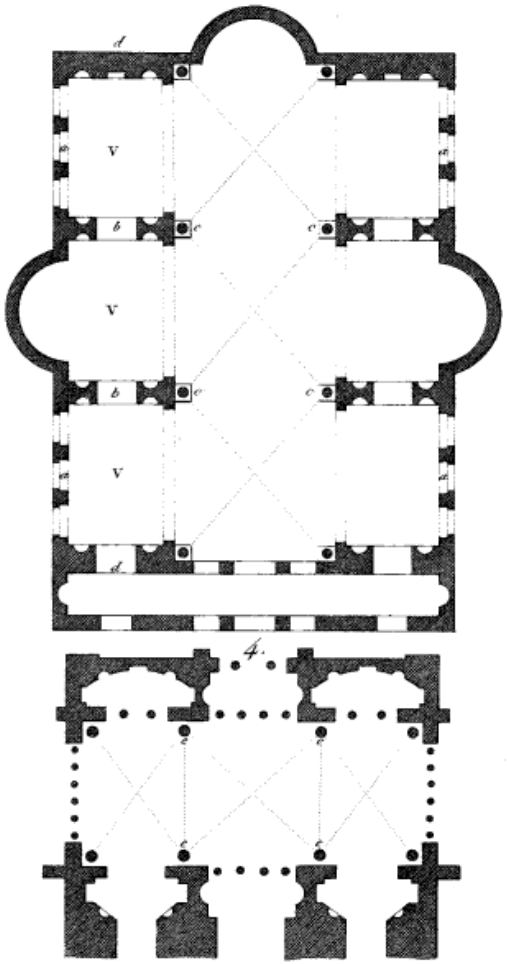
Fig. 1.



2.



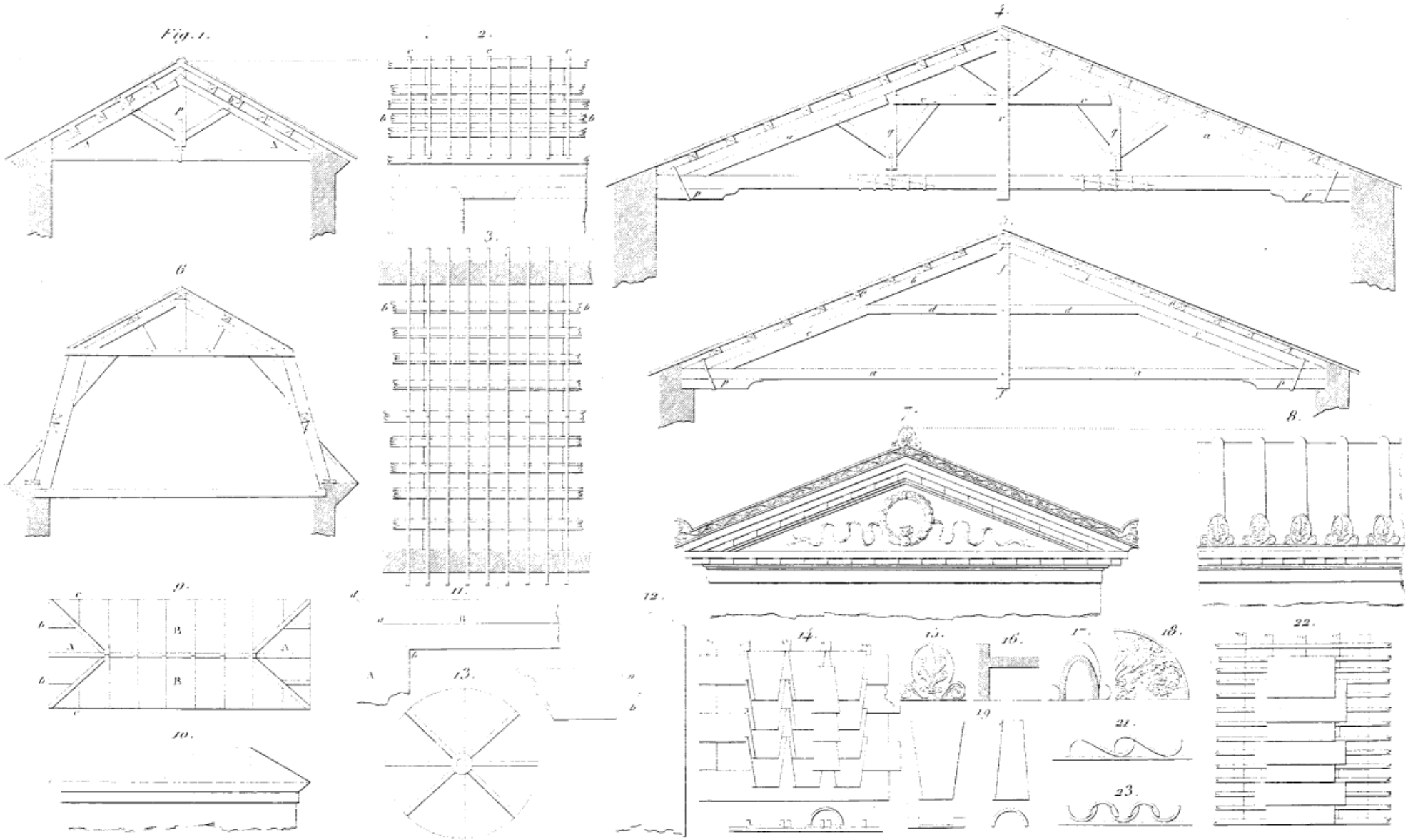
3.



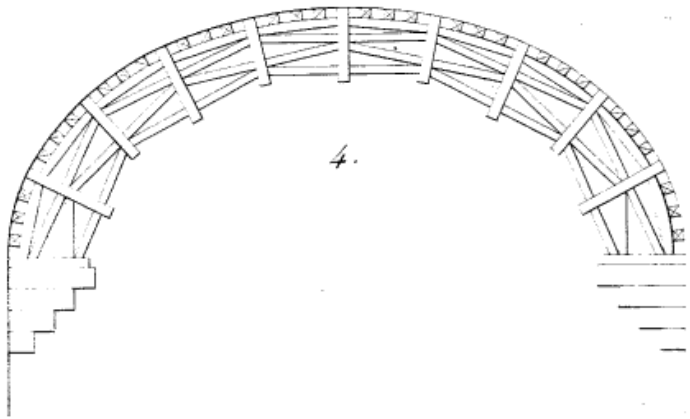
4.

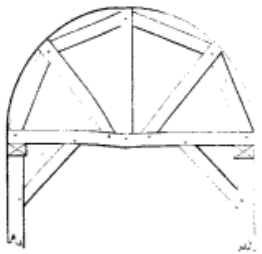
Echelle de 2a Toises.

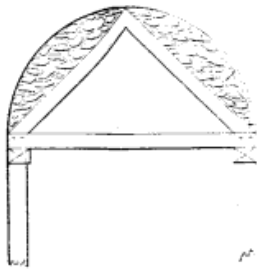
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

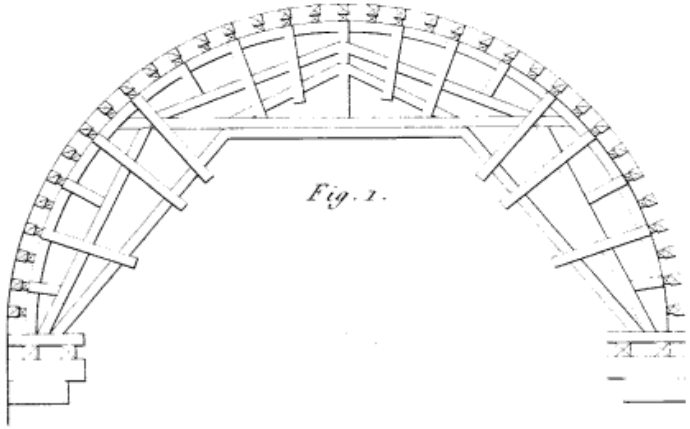


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

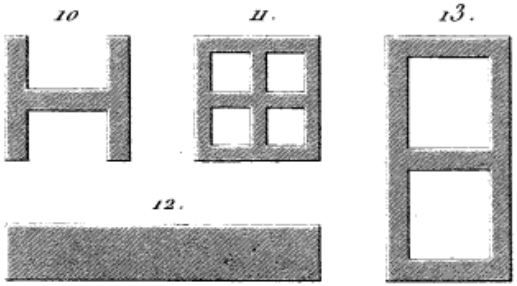


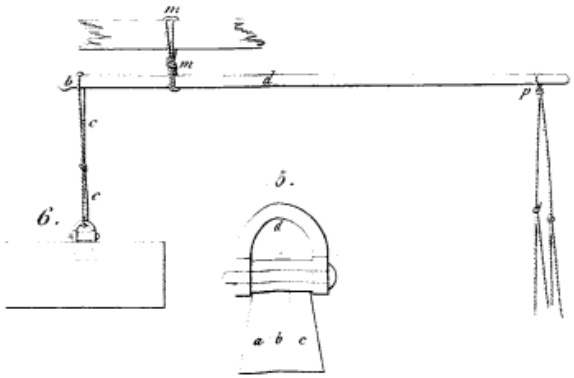


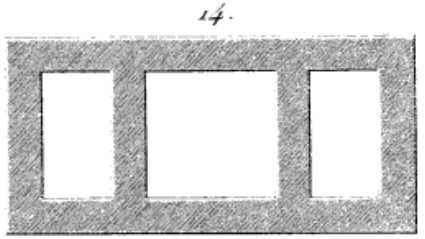


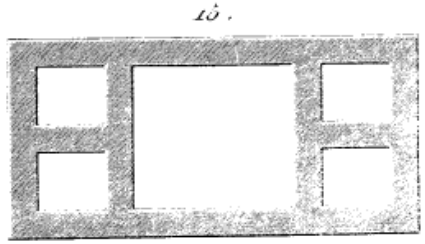




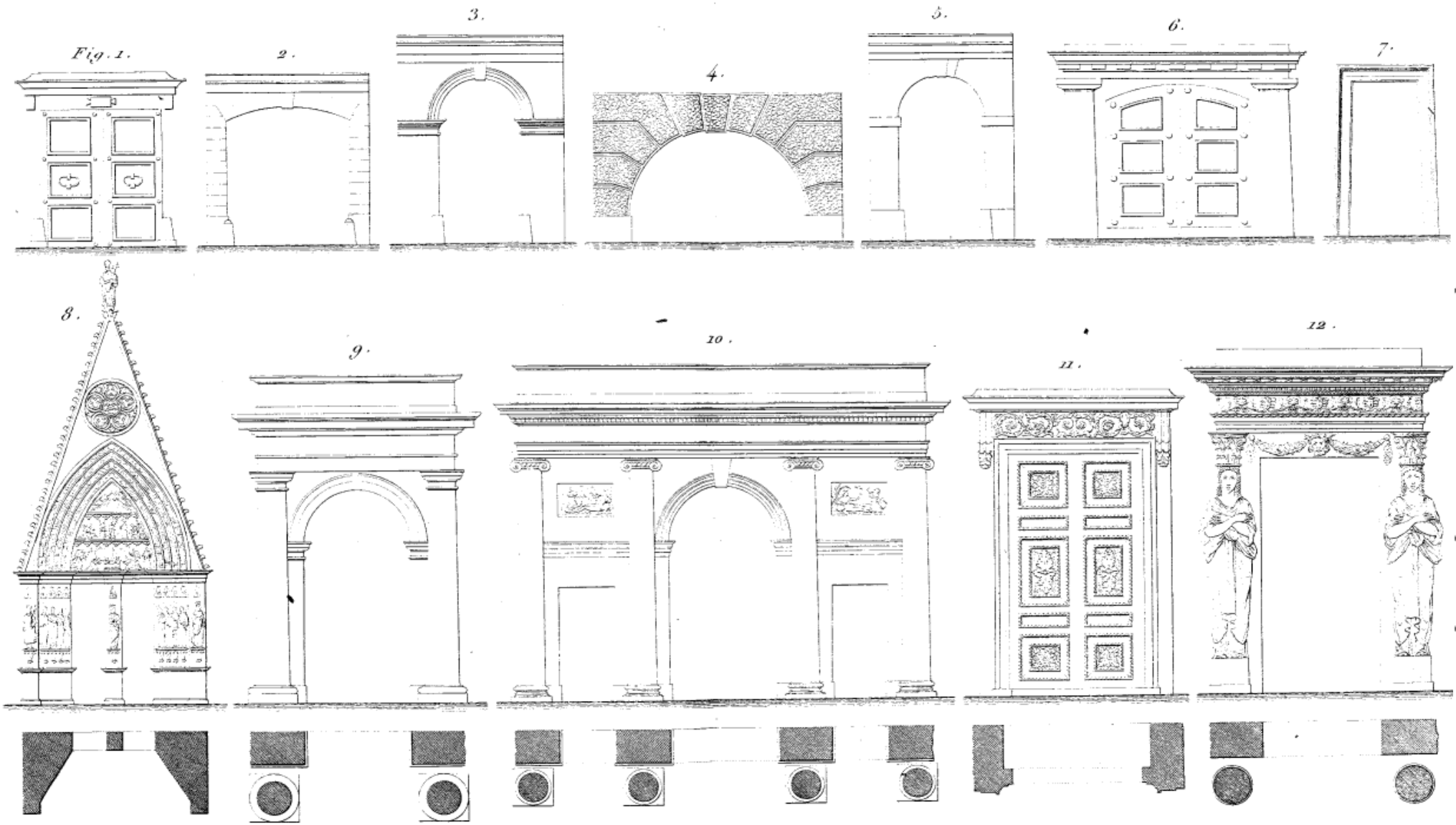








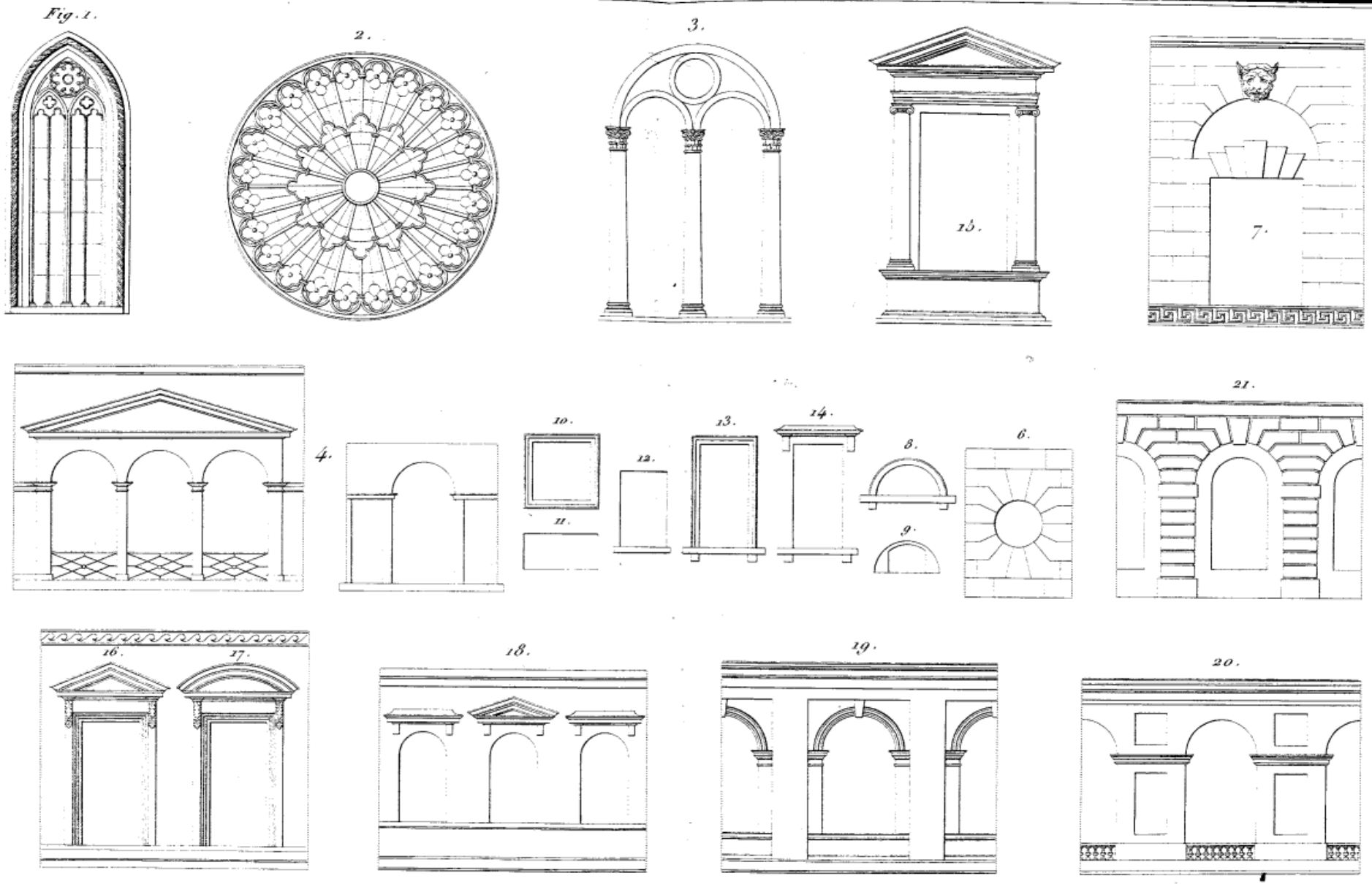
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Dessiné par J. C. Bucquoy.

Gravé par Adam.

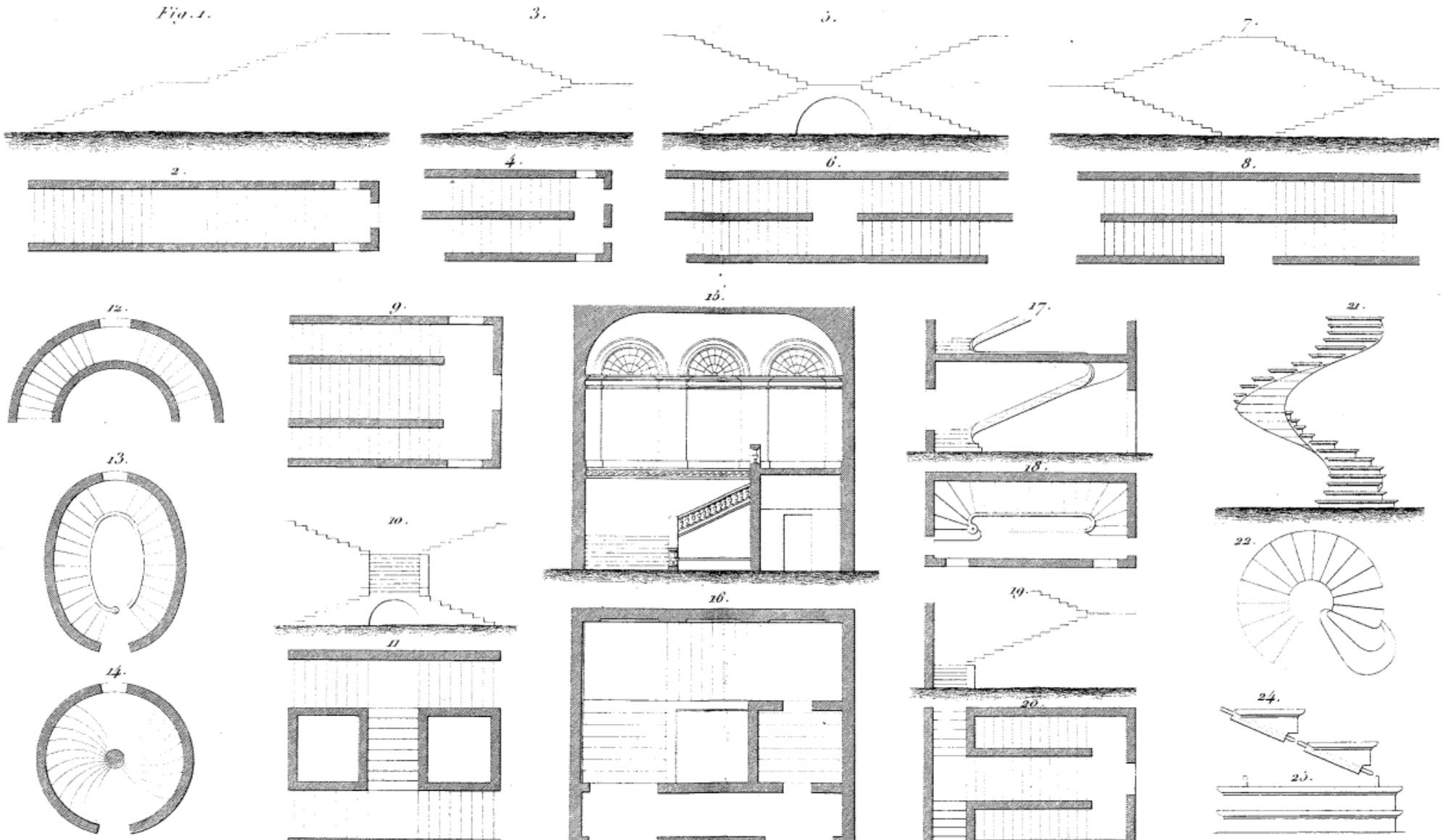
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Dessiné par A. C. Trocadero.

Gravé par Adam.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

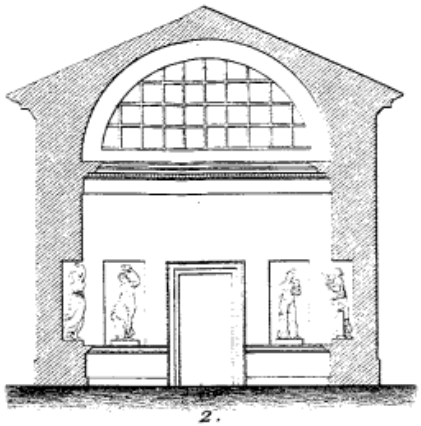


Dessiné par E. Oliwier.

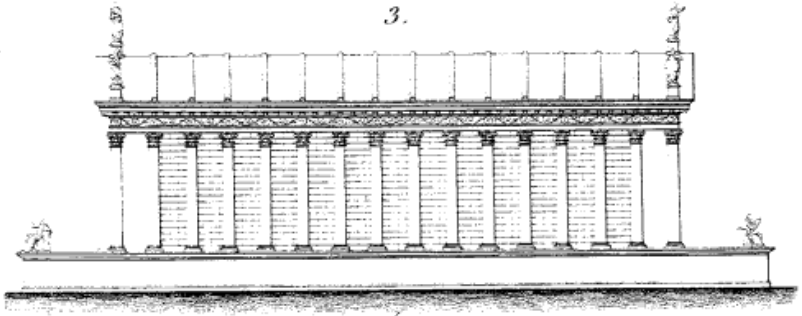
Gravé par Adam.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

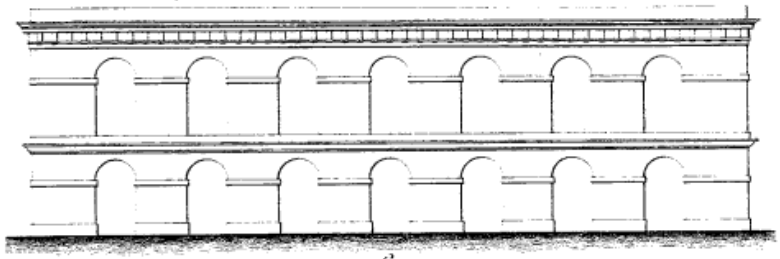
Fig. 1.



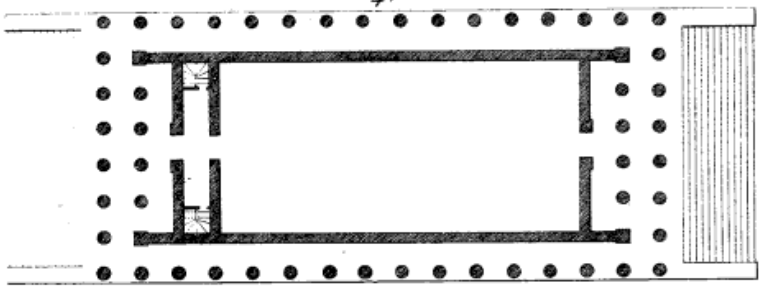
3.



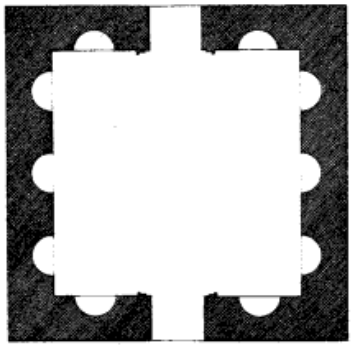
5.



4.



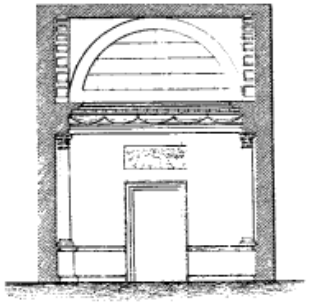
2.



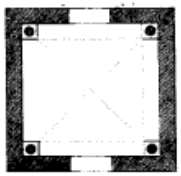
6.



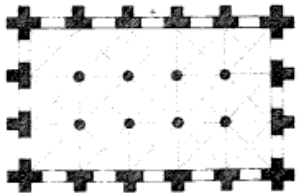
8.



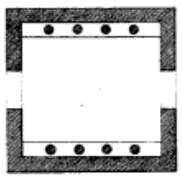
7.



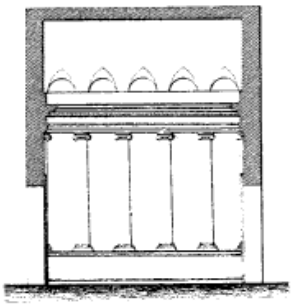
12.



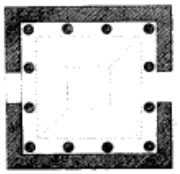
9.



10.

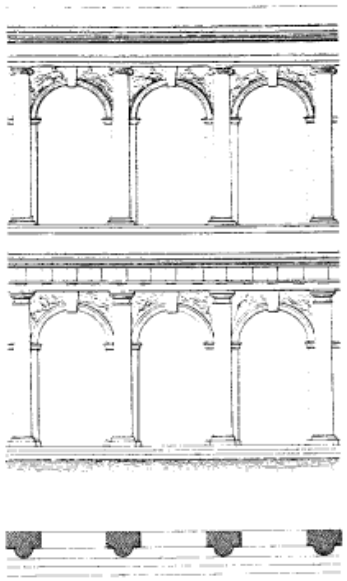


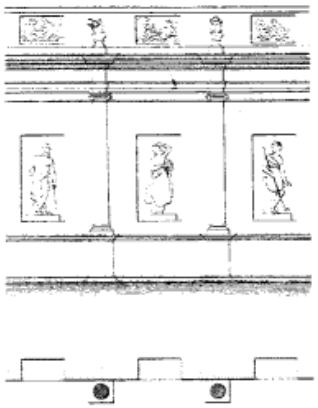
11.

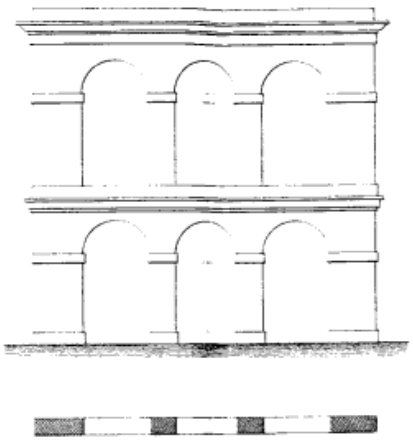


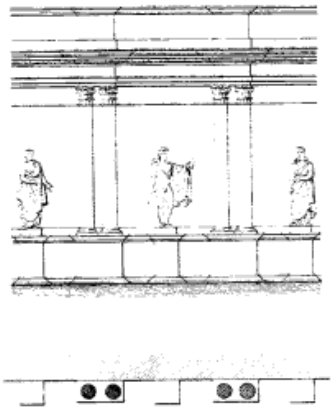
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

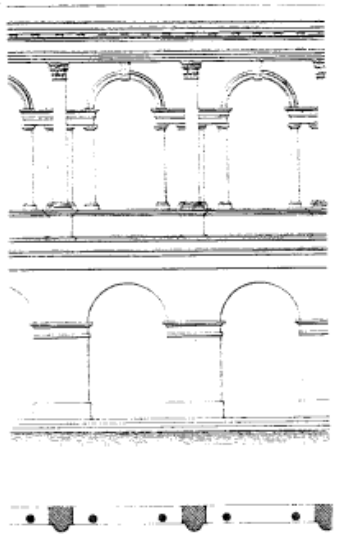
Fig. 1.

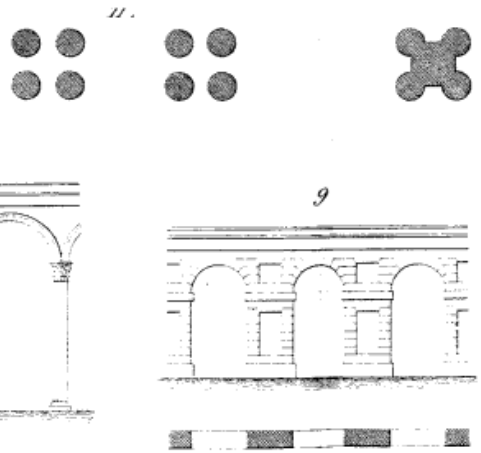


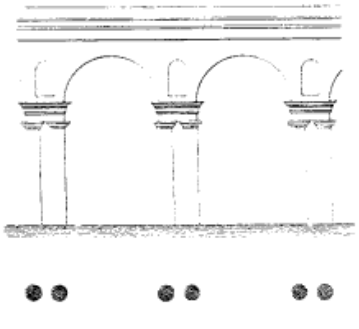


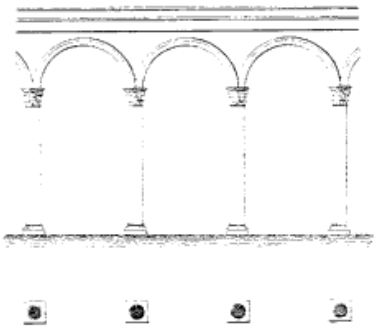


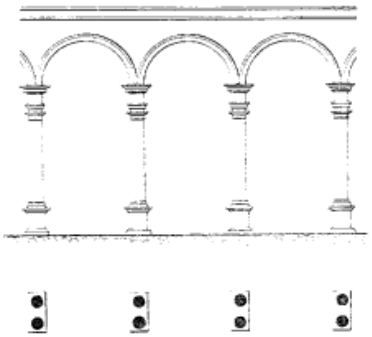


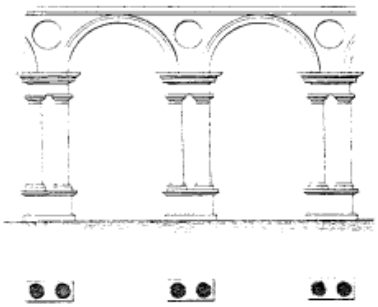






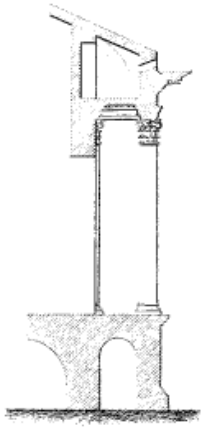




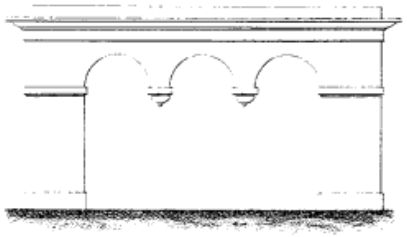


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

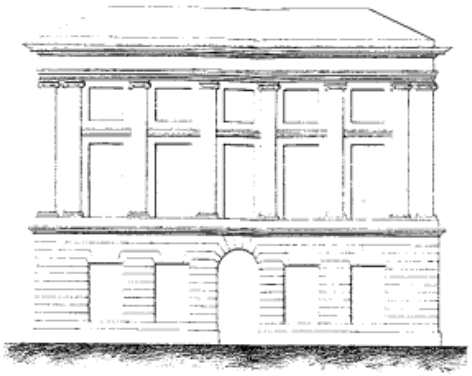
Fig. 1.



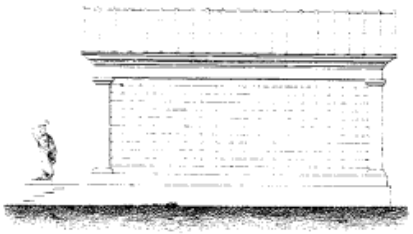
2.



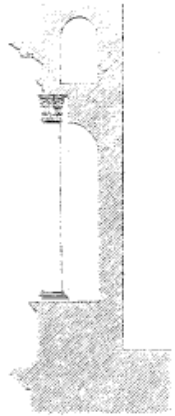
3.



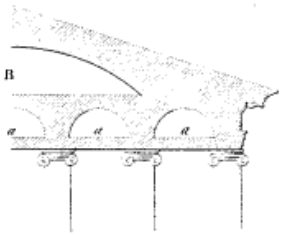
4.



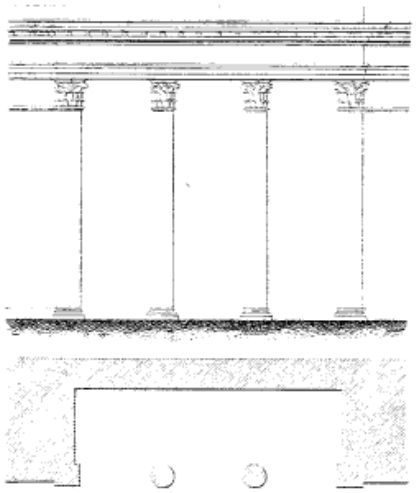
5.



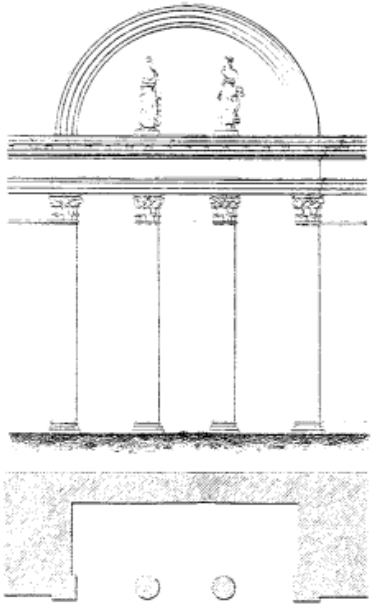
6.



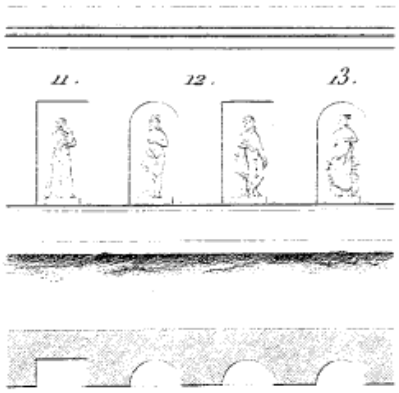
7.



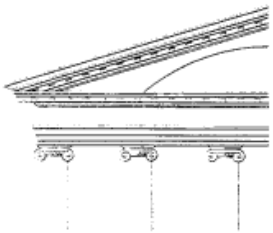
8.



11. 12. 13.

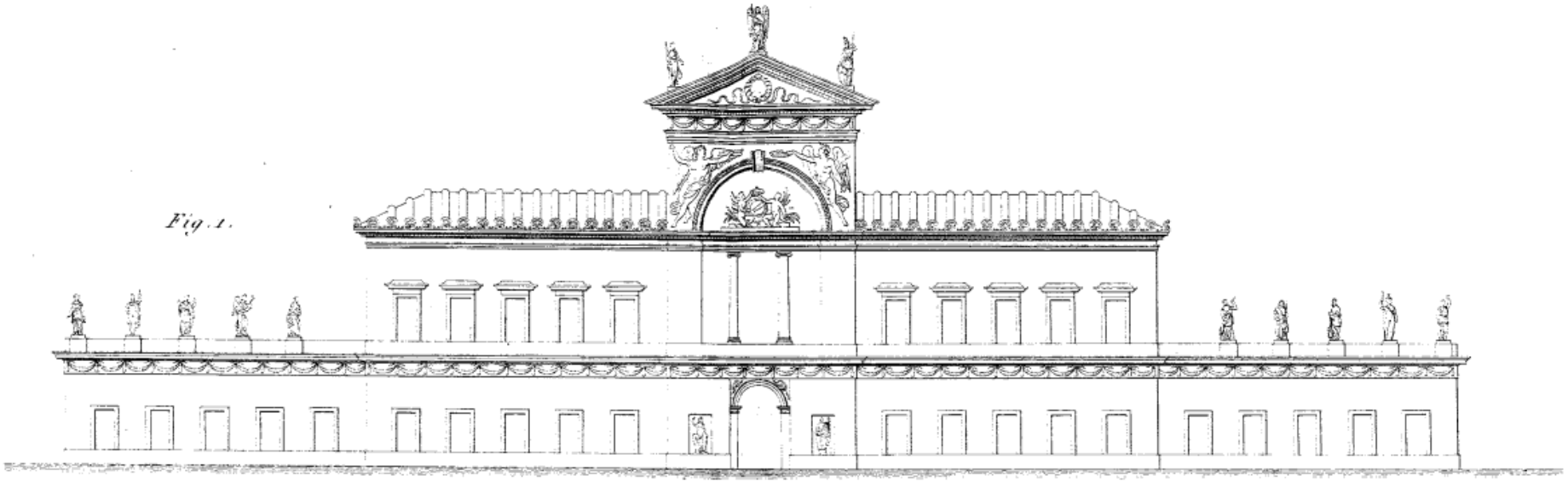


10.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

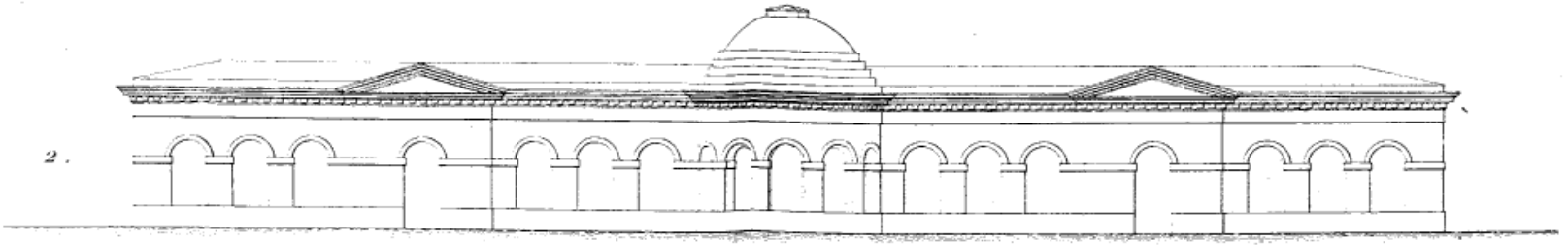
Fig. 1.



3.



2.



Dessiné par A. C. Daviouderes.

Gravé par Adam.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

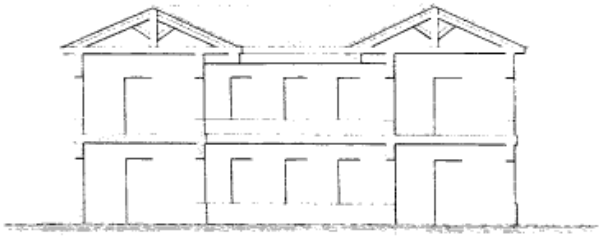
Fig. 1.



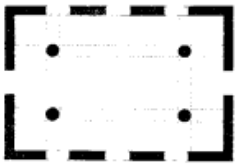
3.



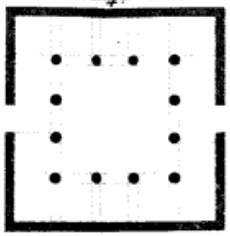
5.



2.



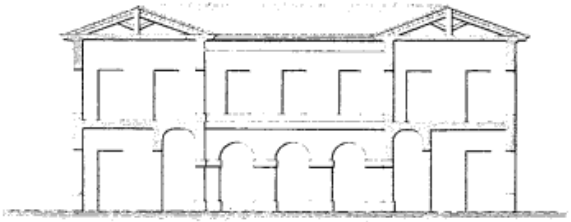
4.



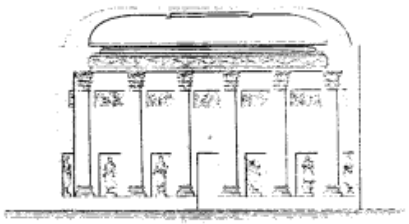
6.



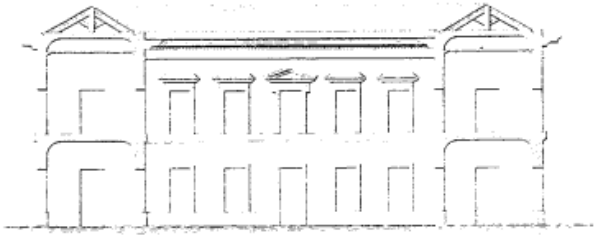
9.



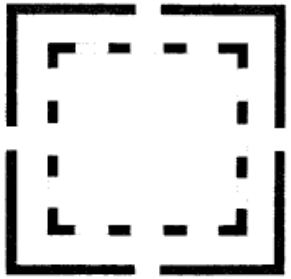
11.



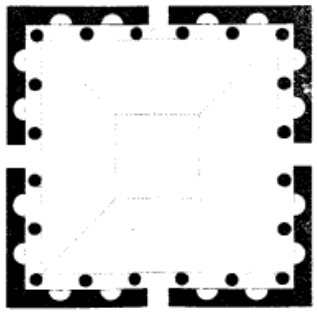
7.



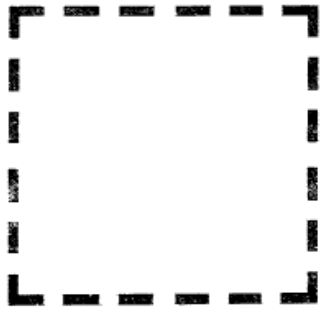
10.



12.



8.

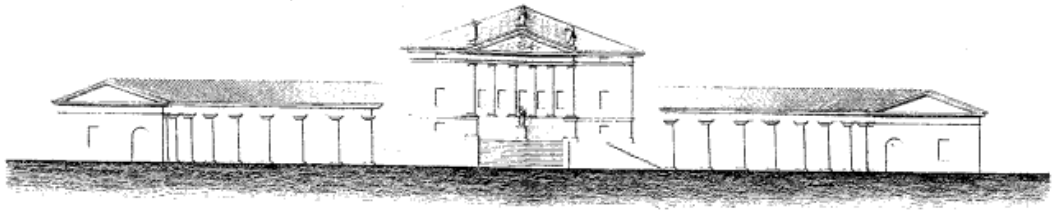


Imprimé par J. G. Bacoudray.

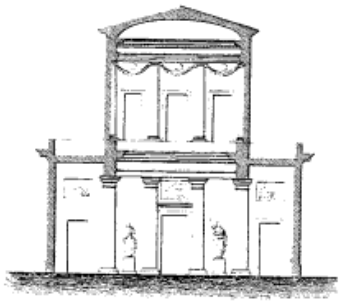
Gravé par Adam.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

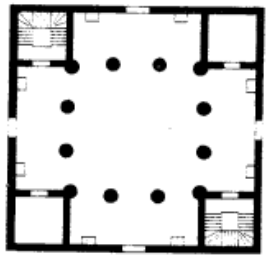
Fig. 1.



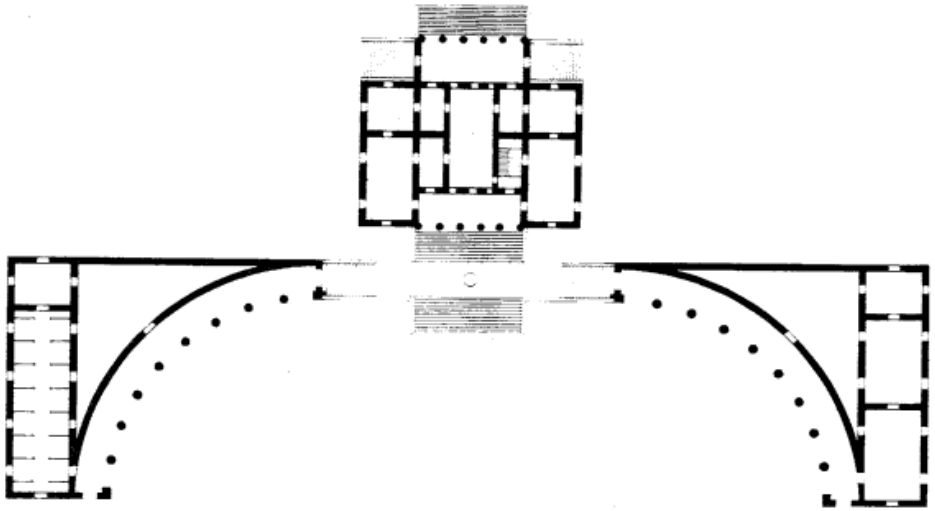
2.



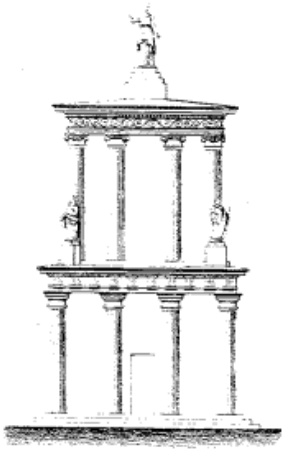
3.



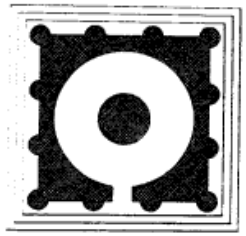
4.



5.



6.

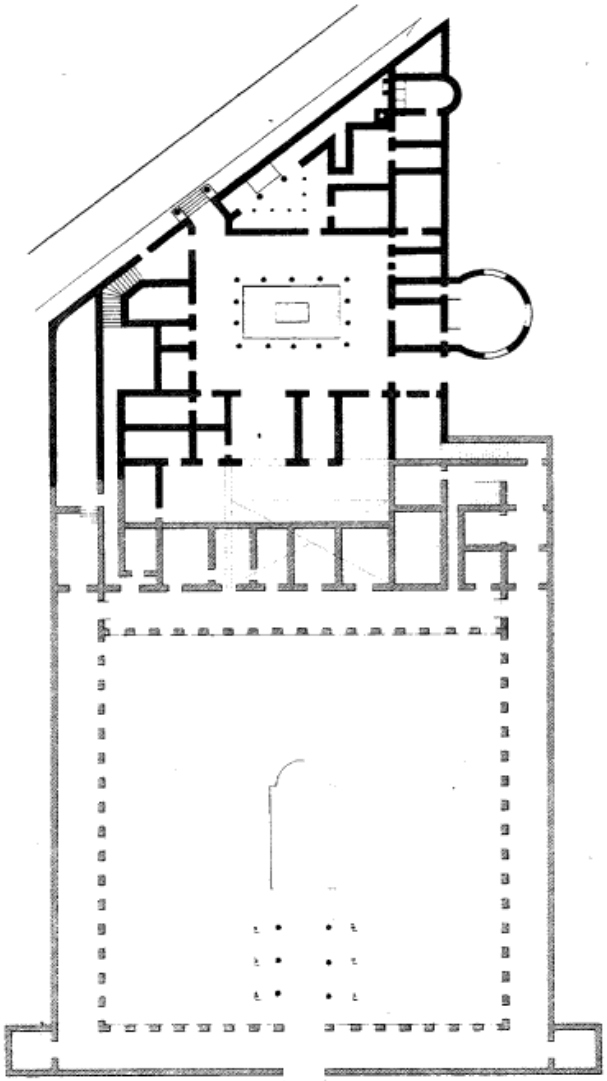


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

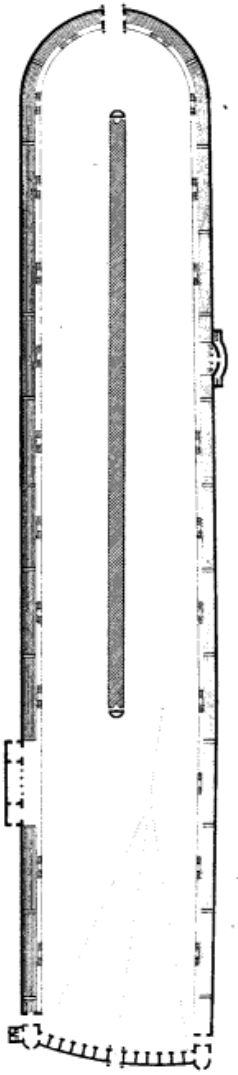
Dessiné par Le Dreuilhau.

Gravé par Adam.

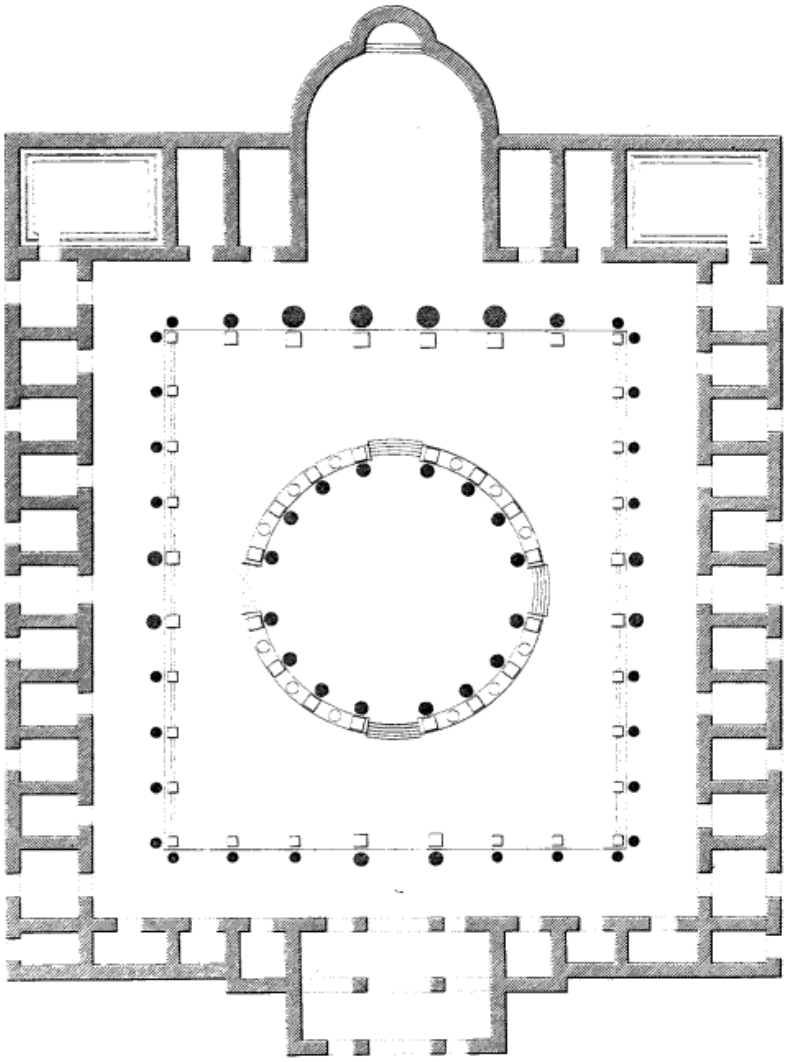
Fig. 1.



3.

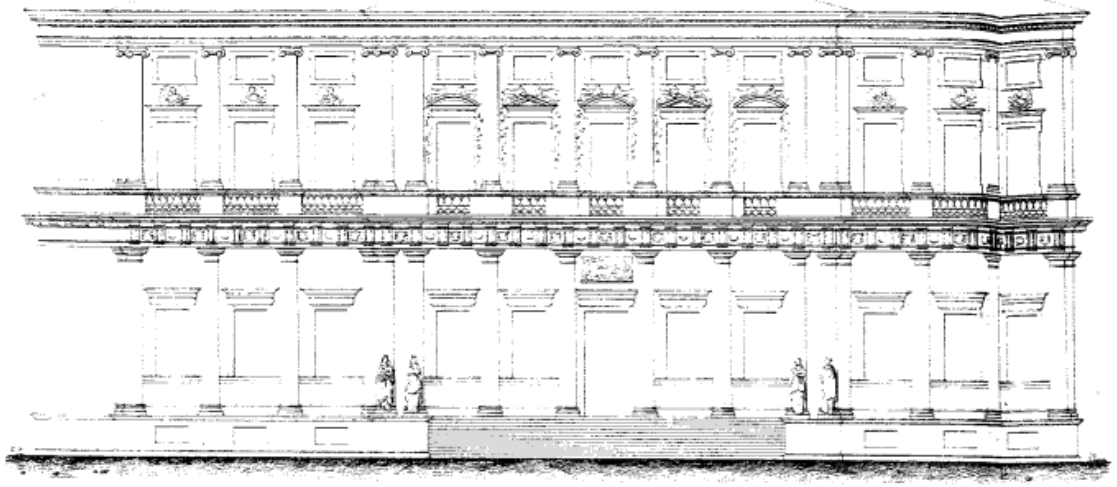


2.

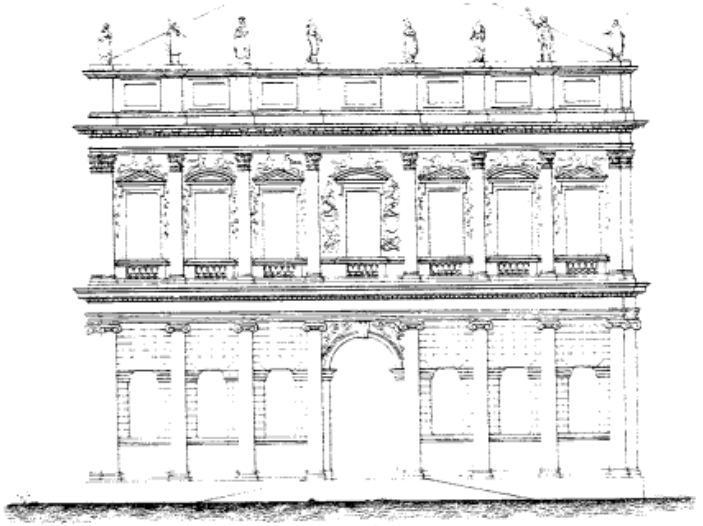


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

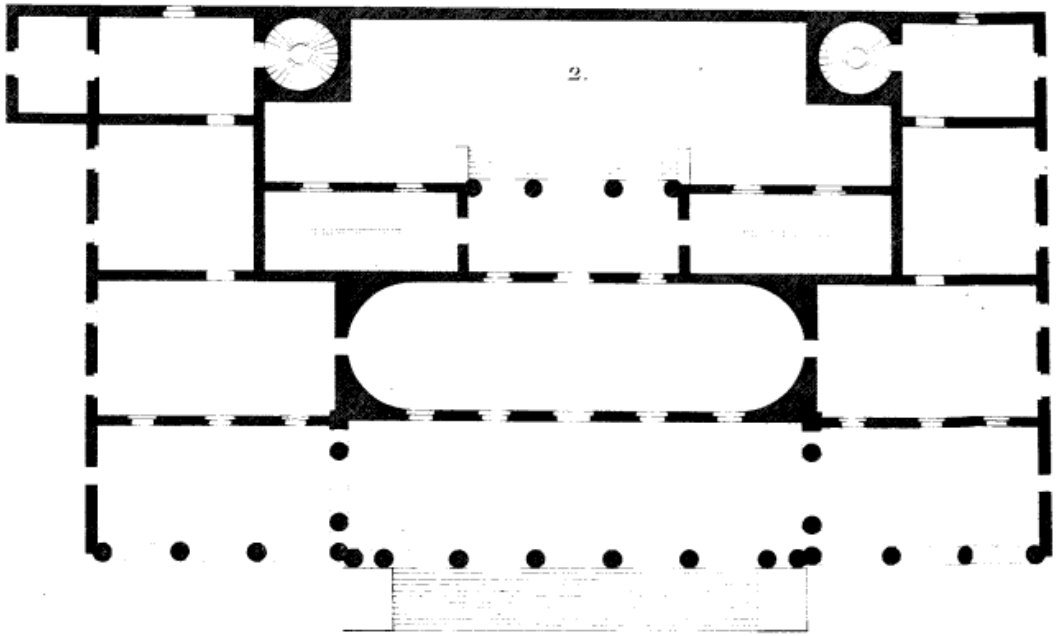
Fig. 1.



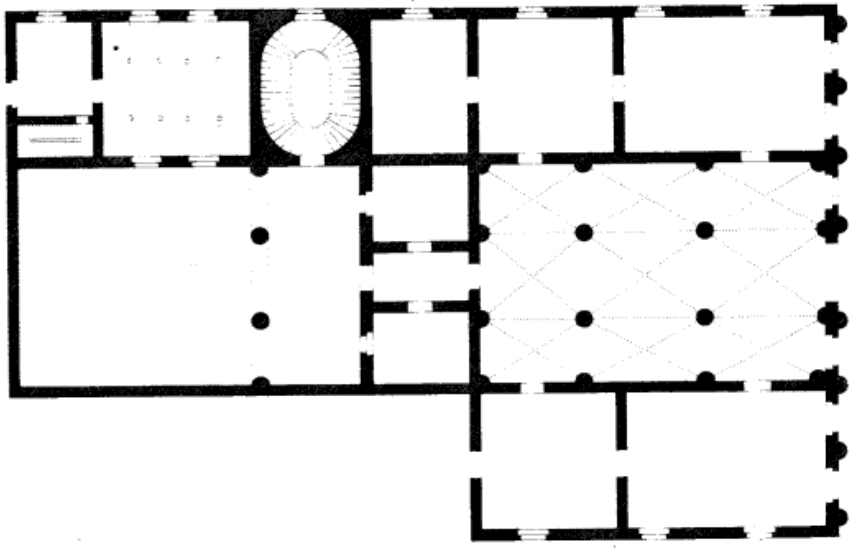
3.



2.



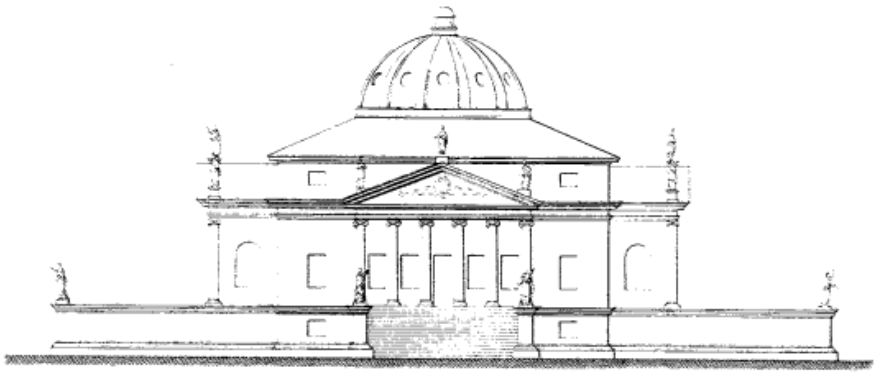
4.



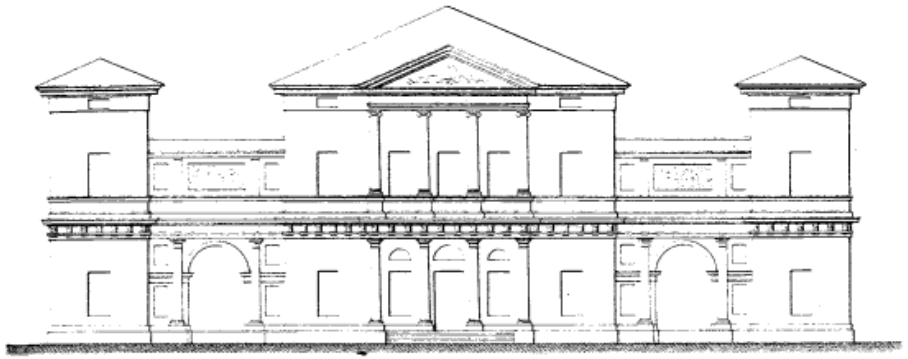
10 Pieds.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

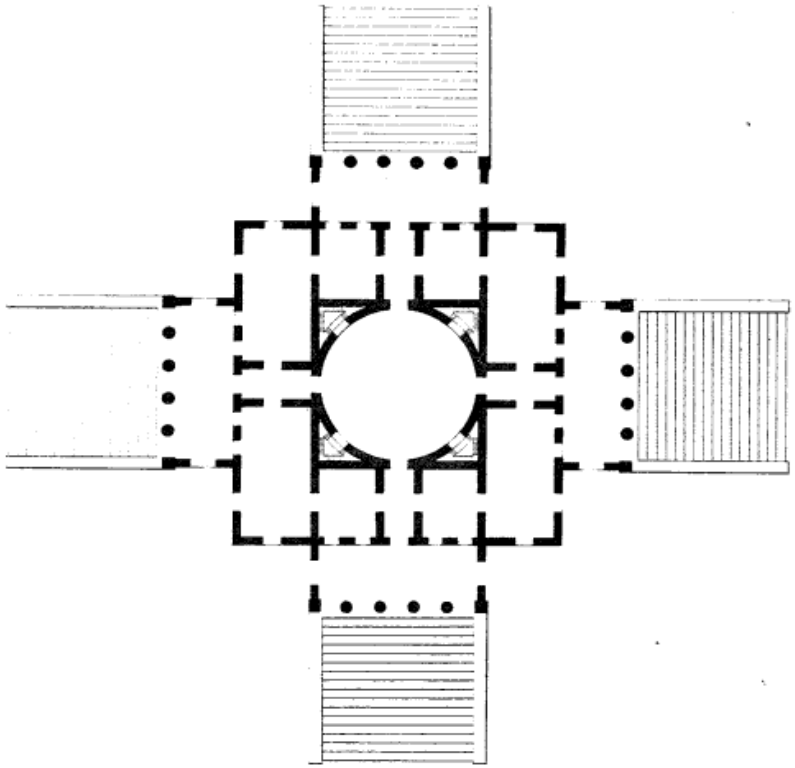
Fig. 1.



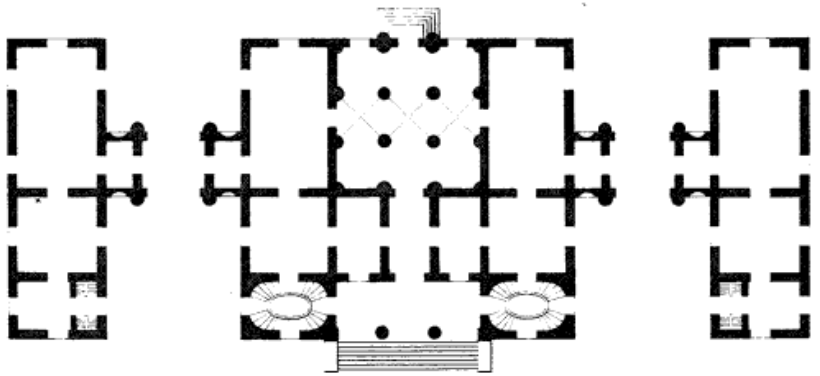
3.



2.



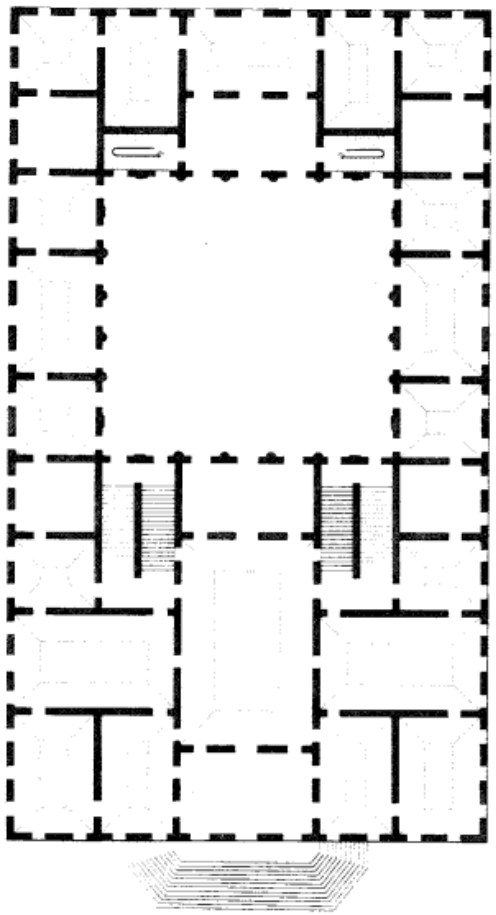
4.



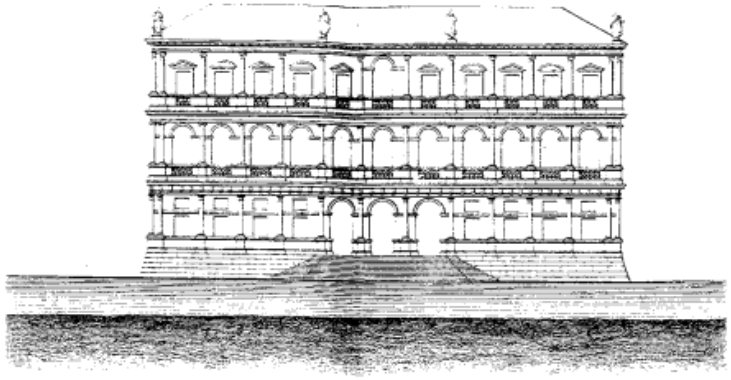
Echelle de 100 Pieds.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.



2.



Portion de l'Entresol de l'Hôtel Egerton.

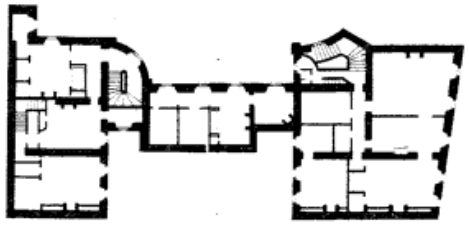
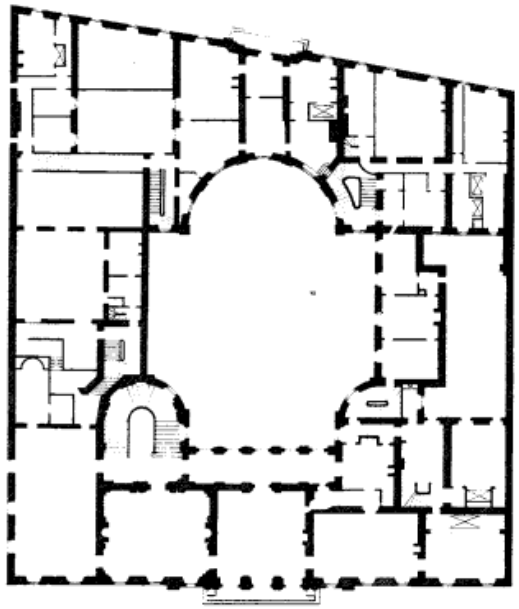


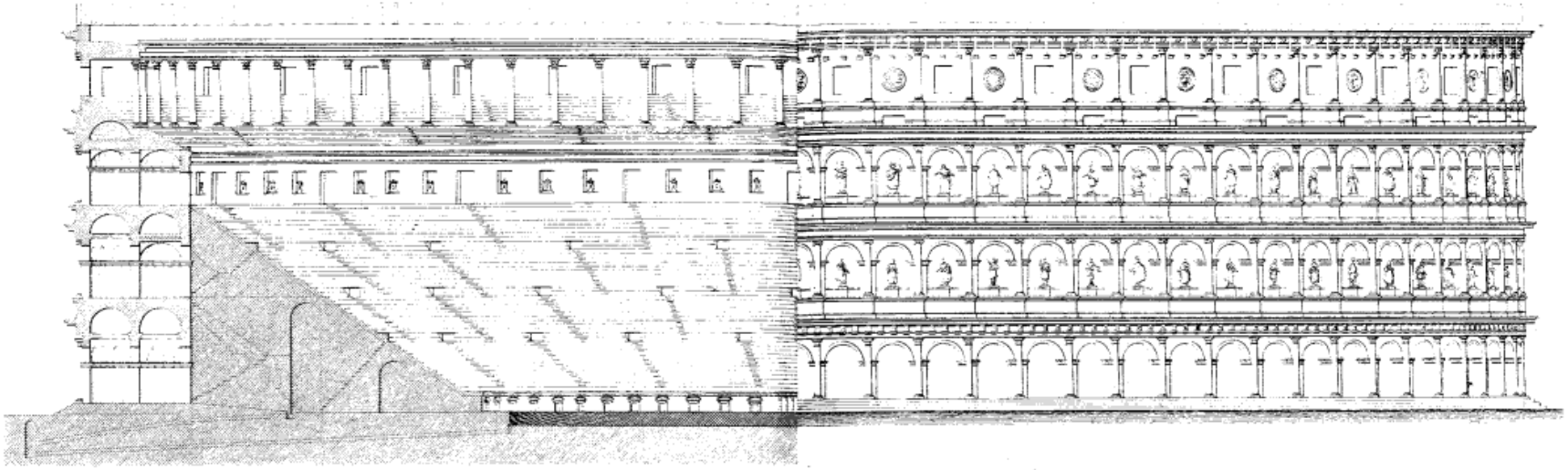
Fig. 3.

Premier étage de l'Hôtel Egerton à Paris.

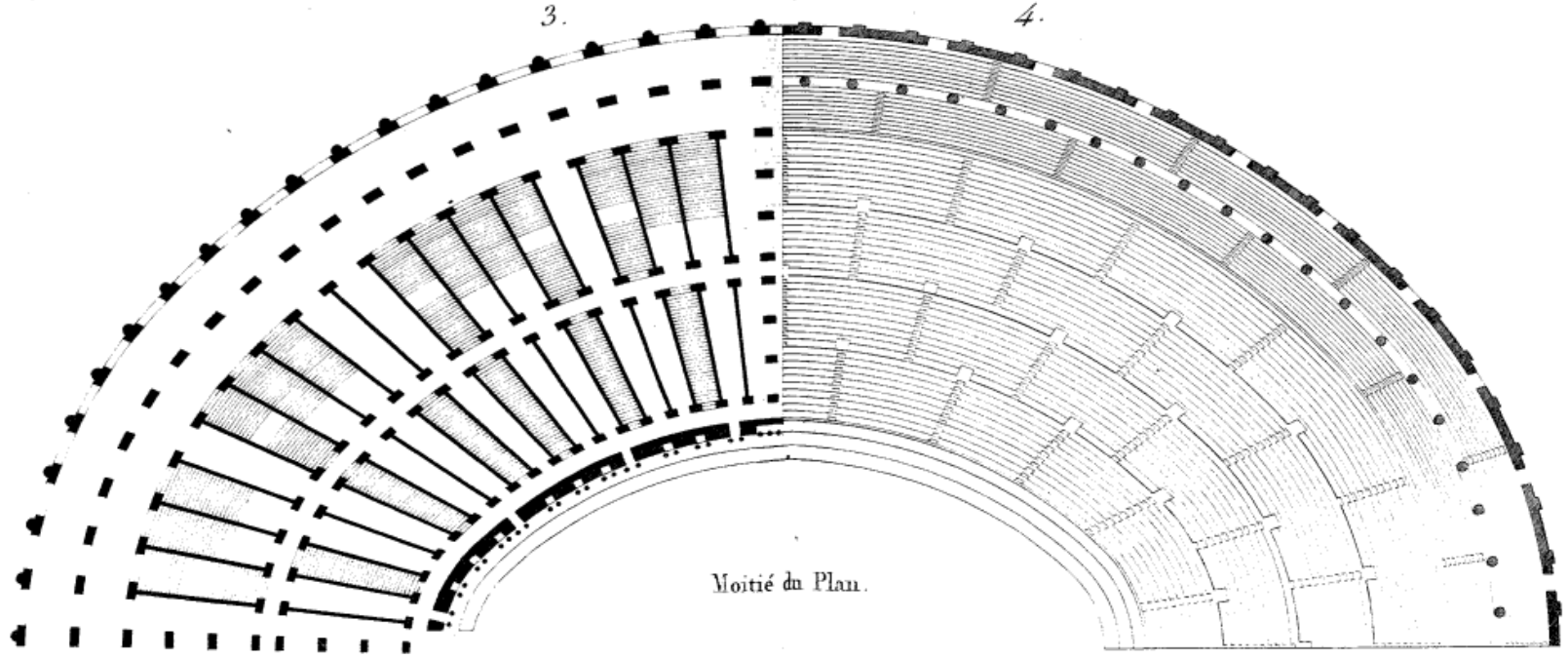


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1. 2.



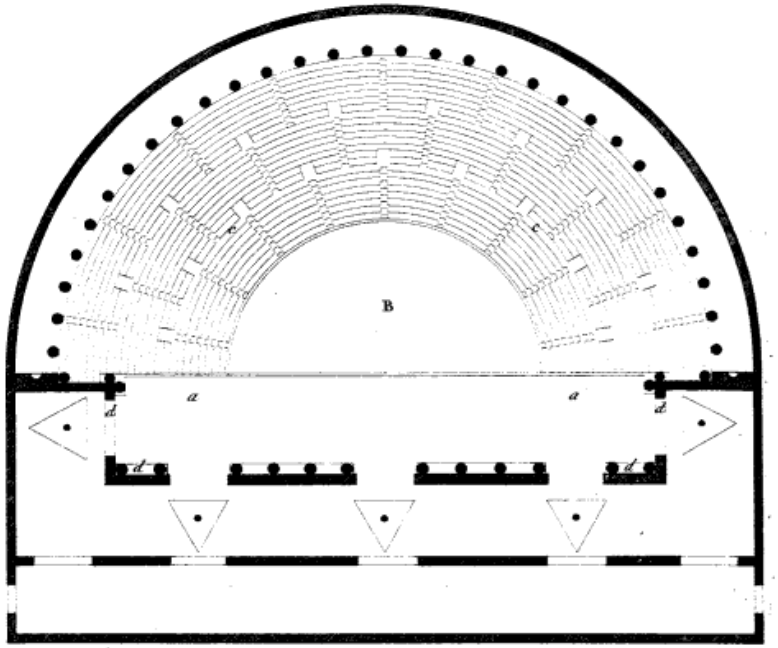
3. 4.



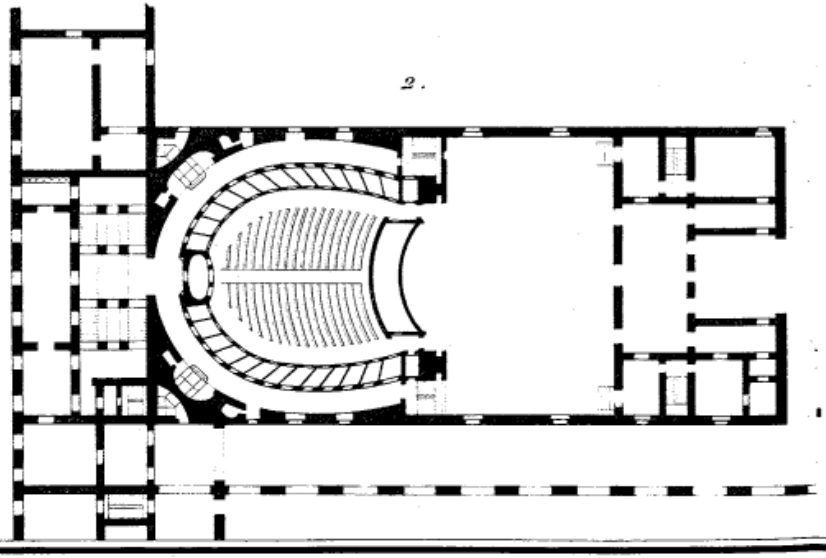
Moitié du Plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

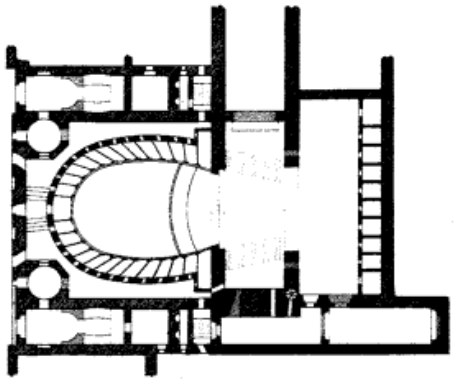
Fig. 1.



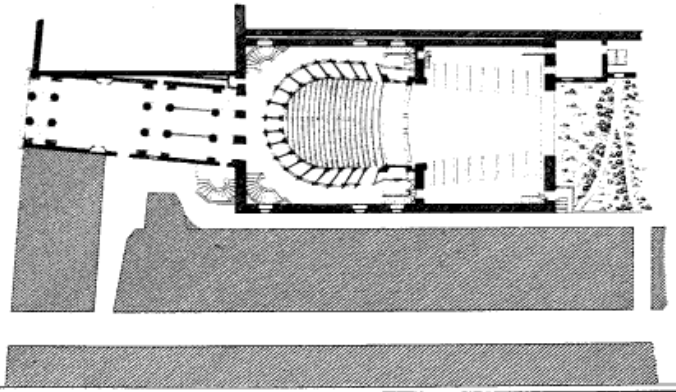
2.



3.



4.

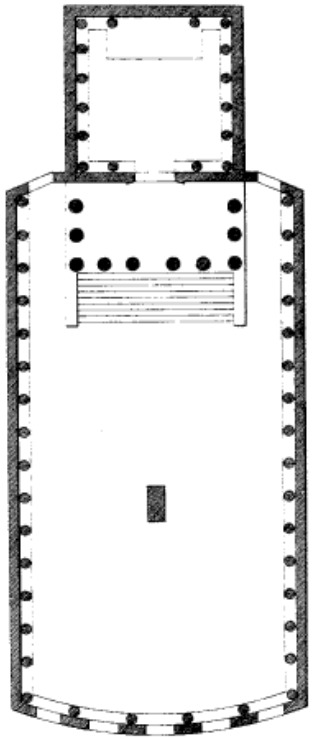


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

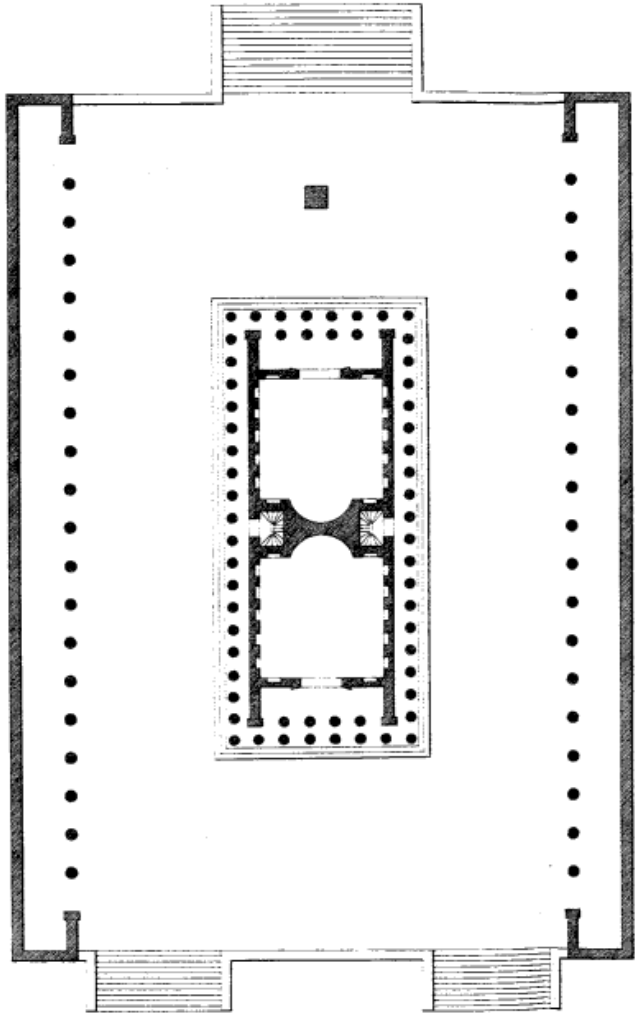
Fig. 1.



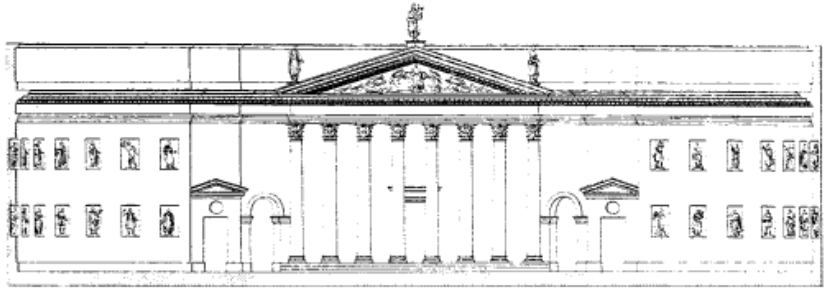
2.



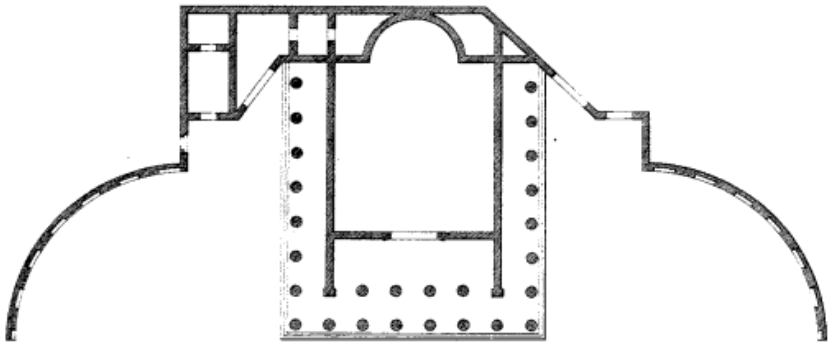
3.



4.



5.



12 Pieds. Echelle pour la Fig. 5.

12 Pieds. Echelle pour les Fig. 1, 2, 4, 5.

Dessiné par J.C. Daveaudeny.

Gravé par Adam.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

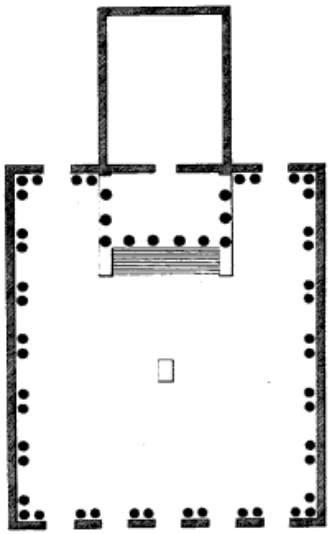
Fig. 1.



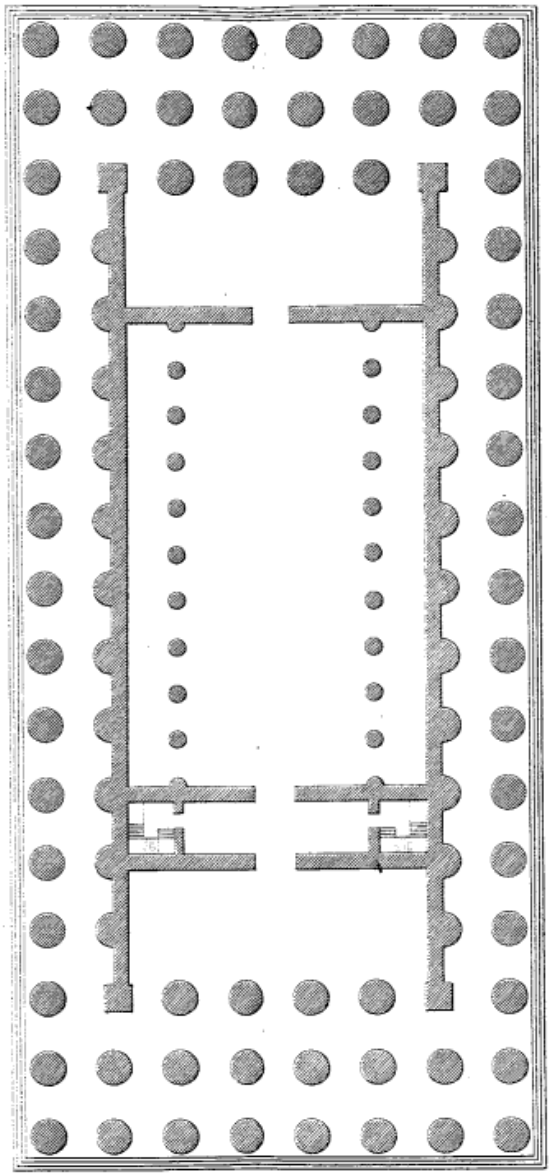
2.



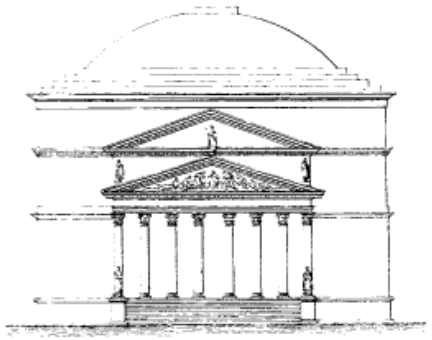
5.



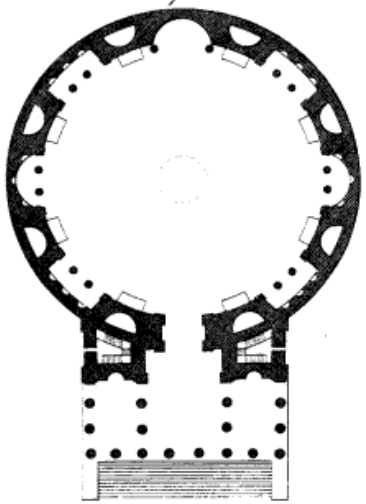
3.



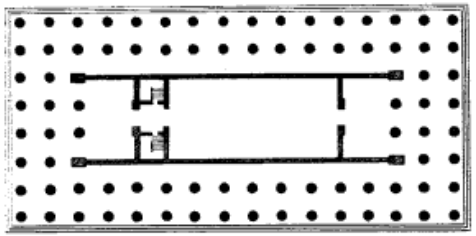
6.



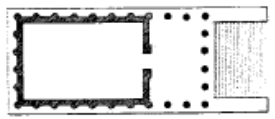
7.



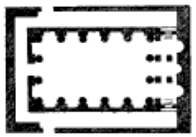
4.



8.

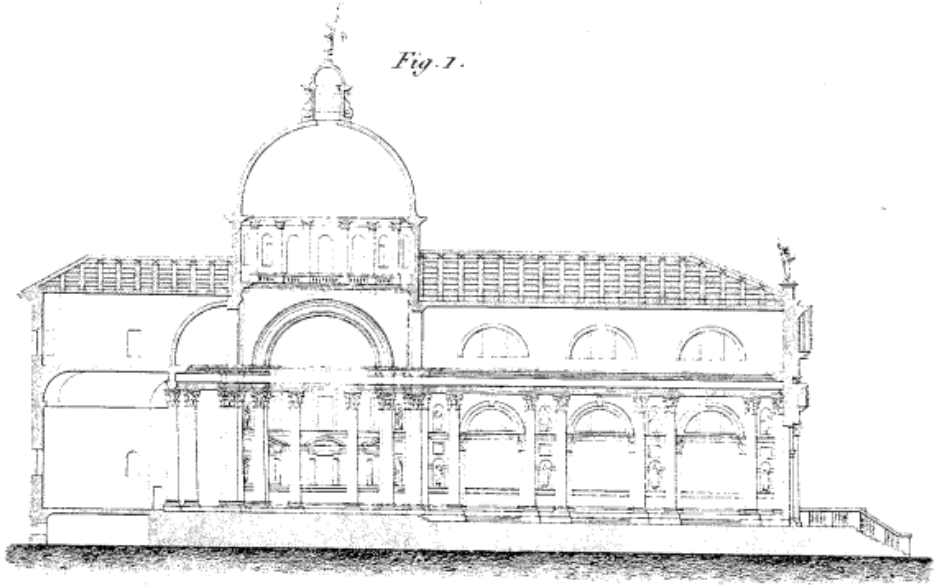


9.

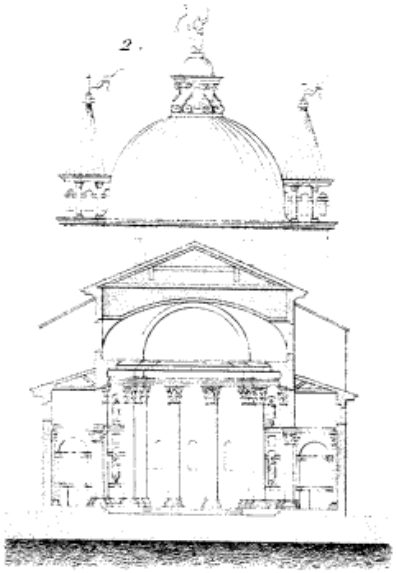


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

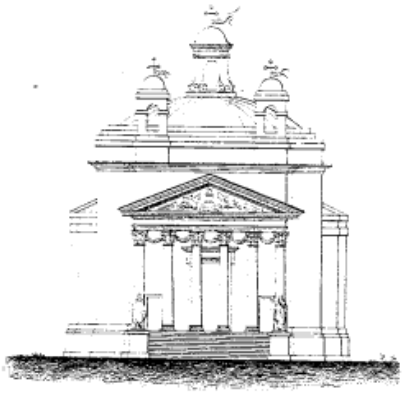
Fig. 1.



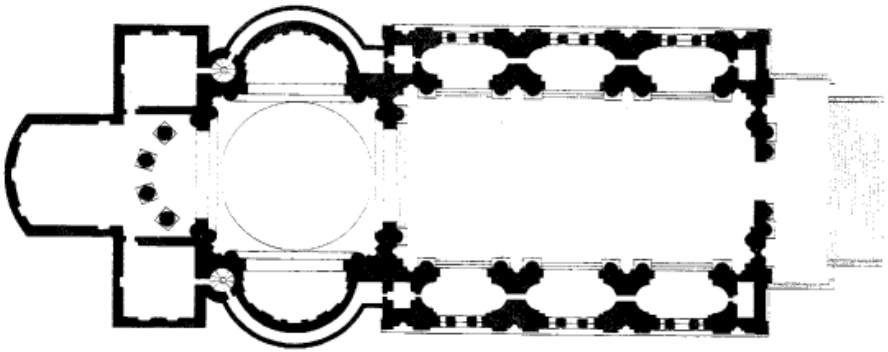
2.



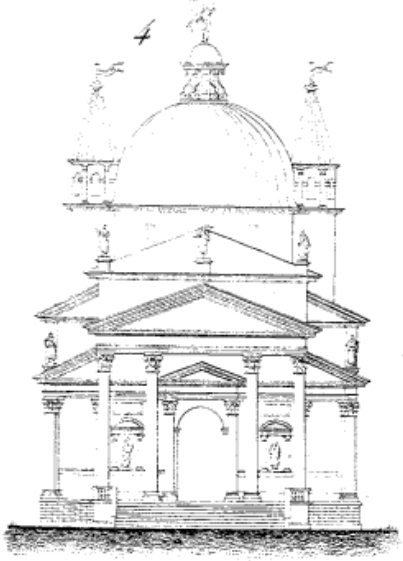
3.



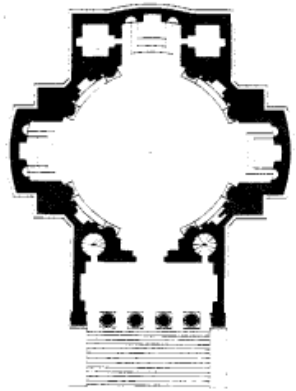
3.



4



6.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dessiné par A.G. Desvoudray.

Gravé par Adam.