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

Titre général : Dictionnaire technologique
Titre du volume : Tome 22 : Uranates à Zinc

Mots-clés : Dictionnaire*19e siècle ; Artisanat ; Métiers ; Economie ; Industrie ; Commerce

Description : [4]-496 p.
Adresse : Paris : Thomine, 1835
Cote de l'exemplaire : CNAM 8°Ky1.22 (Bibliothèque du CNAM)

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8KY1.22

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 8/2/2008

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8° Ky 1

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS

ET DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

PAR UNE SOCIÉTÉ DE SAVANS ET D'ARTISTES.

Qui pourrait assigner un terme
à la perfectibilité humaine?

TOME VINGT-DEUXIÈME.



PARIS

THOMINE, LIBRAIRE, RUE DE LA HARPE, N° 88.

1835

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET METIERS

ET DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

PAR UNE SOCIÉTÉ DE SAVANS ET D'ARTISTES

TOME VINGT-DEUXIÈME.

PARIS

THOMINE, LIBRAIRE, RUE DE LA HARPE, N.° [illegible]

1825

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS.

U

URANATES. C'est ainsi qu'on nomme les sels que forme avec les bases le peroxide d'urane (acide faible). La plupart de ces combinaisons sont indécomposables à une température rouge, qui ferait passer à l'état de protoxide le deutoxide éliminé.

La température du rouge-blanc qui décompose quelques uranates est sans action sur les uranates alcalins et terreux. Les uranates desséchés, et même calcinés, se dissolvent dans les acides forts. L'hydrogène les réduit quand la base est réductible. Il se forme une uranure métallique, si cette base résiste; le deutoxide passe quelquefois à l'état de protoxide, et on a un uranite; avec l'uranate de baryte on obtient de l'urane et de la baryte. Les uranates humides sont solubles dans les carbonates alcalins.

En précipitant l'urane et un autre oxide par l'ammoniaque, on a un uranate double à base d'alcali et d'oxide. Il est difficile d'obtenir les uranates simples. La composition des uranates

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

neutres est telle que, dans l'acide, il y a trois fois plus d'oxigène que dans la base.

Les uranates alcalins et terreux sont d'un jaune orangé. Les uranates de potasse et de soude s'obtiennent en décomposant le carbonate double d'urane et de potasse ou de soude par la chaleur. On prépare l'uranate d'ammoniaque en décomposant par cet alcali les sels de deutoxide d'urane ; il se décompose par la chaleur. On peut le dessécher à la température de l'eau bouillante.

En réduisant par l'hydrogène les uranates qui ont pour base des oxides facilement décomposables, on obtient des alliages, et quelquefois seulement des mélanges sous forme de poudre grise pyrophorique. On peut décomposer les uranates alcalins par l'hydrogène, on obtient de l'urane mêlé avec la base alcaline ; mais la poudre est tellement pyrophorique qu'elle s'enflamme immédiatement à l'air.

En faisant subir la même réaction à l'uranate de plomb, on obtient un alliage très combustible de plomb et d'URANE. *V.* à ce dernier mot l'article complémentaire de celui-ci. P.

URANE. Ce métal fut découvert en 1787 par Klaproth, qui le reconnut en examinant un minéral désigné sous le nom de *Pechblende*, provenant de la mine de Johangeorgenstadt, en Saxe.

Ce chimiste l'avait obtenu à l'état métallique, par la calcination de l'oxide dans un creuset brasqué. Ce produit n'était pas fondu, et contenait probablement du carbure d'urane, mais il offrait une masse poreuse ayant l'apparence métallique du fer. Bucholz, en traitant l'oxide par le charbon, obtint aussi une masse grisâtre et d'un faible état métallique.

Arfwedson de son côté et M. Lecanu, en même temps, ont réduit l'oxide d'urane par le gaz hydrogène, à la température rouge. La réduction s'opère facilement et avec ignition. Pour savoir si le produit était de l'urane métallique, Arfwedson a cherché à l'obtenir avec des composés ne contenant pas d'oxigène : il y est arrivé en décomposant par l'hydrogène, le chlorure double d'urane et de potassium. La décomposition est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

imparfaite; une portion de l'urane se réduit; mais il reste beaucoup de chlorure d'urane avec le chlorure de potassium.

Ainsi obtenu, l'urane est en grains octaëdres réguliers gris foncé, et d'un état métallique; à la loupe, ils paraissent un peu transparens vers les bords. Leur couleur paraît d'abord d'un brun rougeâtre; leur poudre a la même couleur.

Berzélius obtient ce métal en chauffant l'oxalate neutre d'urane en vase clos; il se dégage de l'acide carbonique.

L'urane s'obtient donc facilement à l'état métallique; mais son infusibilité ne permet pas de le réunir en culot. Il est un peu transparent, très combustible, brûle à l'air à la chaleur rouge, et se transforme en protoxide. A la température ordinaire, l'air, même humide, exerce peu d'action sur lui. L'acide sulfurique et hydrochlorique ne l'attaquent pas; l'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent facilement, et le portent au *maximum* d'oxidation. La dissolution dans l'acide nitrique est très rapide, parce que, de tous les métaux, c'est celui qui exige le moins d'oxigène. Il ne décompose pas l'eau pure, mais à l'aide d'un acide cette décomposition s'effectue.

On connaît cinq minerais d'urane au moins : 1°. l'oxide noir (*pechblende*); 2°. l'hydrate de deutoxide; 3°. l'uranite jaune ou phosphate double d'urane et de chaux; 4°. le chalkolite ou uranite vert (phosphate double d'urane et de cuivre); 5°. une combinaison d'urane et d'acide tantalique. On rencontre aussi du sulfate de deutoxide.

Protoxide d'urane. — Il se présente sous forme pulvérulente, quelquefois cristalline, gris-noir avec un aspect métallique, s'il a été fortement chauffé. Réduit en poudre, il est verdâtre. Il est infusible; calciné, il se dissout difficilement dans l'acide sulfurique et hydrochlorique étendus d'eau; mais il se dissout complètement dans ces acides concentrés à l'aide de l'ébullition. Il se dissout facilement dans les acides oxigénans. L'hydrogène sulfuré le réduit à l'aide de la chaleur; il n'en résulte pas un sulfure; mais il se forme de l'urane métallique, de l'eau et de l'acide sulfureux avec un petit dépôt de soufre. Le potassium le réduit. Le protoxide d'urane ressemble

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup au métal, se comporte comme lui avec les acides et les corps oxigénans.

L'hydrate de protoxide est vert-grisâtre, floconneux. Il absorbe aisément l'oxigène de l'air, et devient jaune en passant à l'état d'hydrate de deutoxide. Bouilli dans de l'eau privée de l'air par l'ébullition, il abandonne son eau, alors il se dissout plus difficilement dans les acides oxigénans, et il est presque insoluble dans les autres. C'est l'oxide métallique le moins oxigéné. Il contient

1 at. urane....	= 2712	ou	96,42
1 at. oxigène...	= 100	ou	3,58
	2812		100,00

On le prépare en calcinant l'urane très divisé au contact de l'air, ou même de l'oxigène : l'oxide formé est toujours du protoxide.

Peroxide d'urane. Ce peroxide joue le rôle de base et celui d'acide. Sa tendance à s'unir aux bases et à se combiner avec les acides est telle qu'il est presque impossible de l'obtenir isolé par précipitation; il se réduit d'ailleurs si facilement qu'on ne peut pas le préparer par la décomposition de son nitrate, de son carbonate, ni même de son hydrate.

L'hydrate auquel il donne naissance est d'un jaune foncé très éclatant. On l'obtient en exposant à l'air de l'hydrate de protoxide bien lavé d'abord avec de l'eau bouillie. Si on lavait celui-ci avec de l'eau aérée, avant qu'il ne fût soustrait à la présence de l'excès d'alcali précipitant, on aurait un uranate alcalin mélangé à l'hydrate de peroxide. En précipitant par une base une solution de peroxide d'urane, on n'obtient pas un hydrate, mais un uranate de cette base.

L'hydrate de peroxide ne donne pas de peroxide par la calcination à la chaleur rouge : il passe à l'état de protoxide; à plus forte raison, au rouge-blanc. Il se combine bien avec les acides et forme de très beaux sels doubles avec les bases alcalines. A l'état d'hydrate il absorbe les alcalis, et forme avec eux des sels d'un très beau jaune. Ces uranates ressemblent à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'hydrate pour la couleur et l'aspect. Ils ont la propriété de passer au travers des filtres quand on les lave avec de l'eau pure. Aussi, dans les analyses, emploie-t-on des solutions de *sel ammoniac* pour les lavages, et cependant on perd toujours une portion du peroxide d'urane.

L'hydrate du peroxide d'urane est soluble dans les carbonates alcalins et mieux dans les bi-carbonates. Quand les solutions sont concentrées, elles laissent déposer des cristaux de carbonate double, qui ne se redissolvent pas aisément. Celui d'ammoniaque ne se dissout même qu'à l'aide d'un grand excès de carbonate d'ammoniaque. Une solution d'urane dans le carbonate d'ammoniaque est décomposée en partie par l'ébullition et laisse un dépôt jaune de sous-carbonate d'urane et d'ammoniaque.

Le peroxide d'urane contient

2 at. urane....	5424	ou	94,93
3 at. oxigène...	300	ou	5,27
	5724		100,00

Cet oxide s'unit à la silice et forme des silicates doubles, d'une couleur topaze ou jaune orangé. Il donne cette dernière couleur à la température des moufles à porcelaine; chauffé davantage, il devient brun, puis noir. Pour obtenir un noir parfait, on y ajoute une couleur bleue, celle de cobalt, par exemple.

On emploie en Allemagne ce peroxide dans la peinture sur porcelaine; en France on s'en est peu servi, soit qu'on ait trouvé la couleur capricieuse, soit que son prix ait paru trop élevé. C'est une belle nuance.

L'hydrate de peroxide se rencontre dans la nature. Il est rare et paraît provenir de l'altération du pechblende par l'air.

Pechblende. On trouve ce minéral à Johangeorgenstadt en Saxe, à Joachimsthal en Bohême et à Kœnisberg en Norvège. Il est compacte, amorphe, noir-grisâtre, présente quelquefois l'éclat métallique et ressemble à un schiste houillier. Sa densité varie de 6,4 à 7,5. Il est presque toujours accom-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pagné d'argile bitumineuse, de carbonate de chaux et de magnésie, de pyrite quelquefois arsénicale, de pyrite cuivreuse, de galène, de blende, de mispickel, d'argent sulfuré, de carbonate de fer. L'acide nitrique l'attaque facilement et dissout l'urane et les autres métaux oxidables.

La proportion de protoxide d'urane y est très variable; car on en retire quelquefois moins de 50 pour 100. Arfwedson n'en a obtenu que 65 centièmes.

C'est du pechblende qu'on retire l'urane. Le procédé le plus simple a été indiqué par Arfwedson : on dissout le minerai dans l'eau régale à l'aide d'une douce chaleur. Quand la solution de la matière est opérée, on ajoute un peu d'acide hydrochlorique, et l'on étend d'eau; le plomb, le cuivre et l'arsenic sont précipités par l'acide hydrosulfurique. On obtient d'abord un précipité brun formé de sulfures de cuivre, de plomb et d'arsenic; mais, à la fin, le précipité passe au jaune et consiste en sulfure d'arsenic pur.

Le liquide retient encore du fer, du cobalt et du zinc. M. Arfwedson filtre pour séparer les sulfures. Il fait bouillir la liqueur claire afin de chasser l'excès du gaz hydrogène sulfuré, et il y ajoute de l'acide nitrique pour peroxider le fer. On y verse du carbonate d'ammoniaque en excès, qui précipite le peroxide de fer et les *terres*, et qui redissout seulement l'urane, le cobalt et le zinc. On filtre pour se débarrasser du dépôt. On sépare l'urane en faisant bouillir la liqueur tant qu'il se dégage du carbonate d'ammoniaque. Une portion du cobalt reste dissoute; mais une autre portion, et l'oxide de zinc lui-même, se précipitent en même temps que l'urane. On recueille ce dépôt sur un filtre, et l'on termine l'opération en calcinant le précipité, et le traitant par l'acide hydrochlorique affaibli et froid, qu'on laisse réagir pendant quelques jours.

Par la calcination le deutoxide d'urane jaune se trouve ramené à l'état de protoxide vert foncé; il perd sa solubilité dans l'acide hydrochlorique, tandis que les oxides de cobalt et de zinc peuvent encore être dissous par cet acide. Il se dissout néanmoins un peu d'urane, mais seulement la portion

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui, étant combinée au cobalt et au zinc sous forme d'uranate, a été garantie de l'action de la chaleur.

L'analyse du pechblende est très compliquée. On le distille d'abord dans une petite cornue en porcelaine pour doser l'eau. Celle-ci est ordinairement accompagnée d'un peu de produits bitumineux.

On réduit ensuite le pechblende en poudre très fine, et on le met en digestion dans l'acide hydrochlorique qui dissout la chaux, la magnésie, un peu d'alumine et d'oxide de fer. La liqueur s'analyse par les procédés ordinaires.

On fait bouillir le résidu avec de l'acide nitrique pur, jusqu'à ce que l'action cesse. On obtient ainsi une solution chargée de beaucoup d'oxide métallique et un résidu siliceux. Celui-ci doit être séché, pesé, puis grillé, pour brûler le soufre qu'il contient. On le pèse de nouveau pour déduire le poids du soufre. Le produit restant doit alors être attaqué par la potasse au creuset d'argent, et fait l'objet d'une analyse particulière assez simple, puisqu'on n'a que de la silice, de l'alumine, de l'oxide de fer, et peut-être de la chaux et de la magnésie.

La liqueur acide contient de l'argent, du plomb, du cuivre, du zinc, du cobalt, du fer, de l'urane et de l'acide arsénique. On sépare l'argent par l'acide hydro-chlorique, le plomb par l'acide sulfurique et l'évaporation.

On fait passer ensuite dans la matière redissoute par l'eau, et rendue acide par une quantité convenable d'acide hydrochlorique, un courant d'hydrogène sulfuré qui précipite du sulfure de cuivre, du sulfure d'arsenic et du soufre. Ce dépôt étant recueilli, on dissout le soufre et le sulfure d'arsenic au moyen de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Le sulfure de cuivre reste seul. On convertit le sulfure d'arsenic en acide arsénique et arséniate de fer pour le doser.

La solution qui a subi l'action de l'acide hydrosulfurique est mise en ébullition, d'abord seule, puis avec de l'acide nitrique qui peroxide le fer. On la débarrasse du fer au moyen du carbonate d'ammoniaque instillé goutte à goutte. On filtre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et l'on évapore après avoir ajouté assez d'acide sulfurique pour transformer tous les nitrates en sulfates. Ceux-ci sont desséchés, puis calcinés dans un creuset de platine. Le sulfate d'urane se réduit en protoxide. Celui de zinc en sous-sulfate; celui de cobalt ne s'altère pas. Le sulfate d'ammoniaque se transforme en produits volatils.

Le résidu est mis en digestion avec de l'acide hydro-chlorique faible qui dissout les sulfates de zinc et de cobalt. Il reste donc le protoxide d'urane pur.

Silicates d'urane. Les silicates simples ne sont pas connus; ils sont probablement infusibles. Les oxides d'urane fondent avec les autres silicates. Le deutoxide, avec le verre blanc, donne un verre brun foncé, quelquefois presque noir. Les lames minces en sont jaunes par transparence. Placé sur un fond blanc, il est de couleur topaze. La poudre est d'un beau jaune, surtout quand le verre contient de l'oxide de plomb. On peut employer ce composé à une température basse, au feu de moufle, pour peindre sur porcelaine.

A un feu violent le silicate d'urane sert à former un noir sur porcelaine. On ajoute quelquefois deux ou trois centièmes d'oxide de cobalt pour obtenir un beau noir; mais il est difficile à préparer. Pour l'obtenir, il faut fondre à une très haute température la silice avec les oxides de cobalt et d'urane : ce dernier se change en protoxide. Uni aux silicates, le protoxide d'urane ne se réduit pas dans un creuset brasqué à la température des essais de fer, tandis qu'il est ramené à l'état métallique par l'hydrogène au rouge naissant.

Analyse des matières uranifères. L'urane jouant le rôle de base et le rôle d'acide, il est très difficile à doser. On le dose maintenant à l'état de protoxide chauffé au blanc.

Par les hydro-sulfates on le sépare des alcalis et des terres alcalines. Il faut laver le précipité hors du contact de l'air, le griller et le chauffer au blanc pour le convertir en protoxide d'urane. Par le carbonate d'ammoniaque en excès on dissout le peroxide d'urane, et on le sépare des terres et des oxides métalliques qui n'y sont pas solubles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'hydrogène sulfuré ne précipitant pas l'urane de ses dissolutions, on peut appliquer cette propriété à séparer tous les métaux dont les solutions sont décomposées par ce gaz.

L'acide oxalique forme, avec le deutoxide d'urane, un sel soluble, ce qui permet d'en séparer tous les métaux qui forment des oxalates insolubles.

En chauffant un mélange de peroxide d'urane avec un oxide réductible par le charbon, on peut opérer la séparation par voie sèche. On mêle la matière avec trois ou quatre fois son poids de verre terreux, dans un creuset brasqué, on réduit ainsi l'oxide réductible, et l'on ramène l'urane à l'état de protoxide.

L'urane peut se séparer de plusieurs métaux par les carbonates alcalins qui le précipitent le premier.

M. Berzélius, pour séparer l'oxide d'urane de la chaux, dissout ces bases dans l'acide hydro-chlorique, et verse dans la solution un mélange d'alcool et d'acide sulfurique. La chaux se précipite à l'état de sulfate, qu'on lave avec de l'alcool affaibli.

Le peroxide d'urane et l'alumine se séparent au moyen du carbonate d'ammoniaque ajouté goutte à goutte. Le deutoxide d'urane se précipite le premier.

On sépare l'urane du fer en évaporant à sec leurs nitrates, et, reprenant par l'eau, on sépare ainsi tout l'oxide de fer. Il faut chauffer doucement, agiter continuellement, et au besoin réitérer plusieurs fois ce traitement. Quand l'urane et le fer sont tous deux à l'état de peroxide, on précipite par un carbonate en excès qui redissout l'urane. Si le fer est à l'état de protoxide, et l'urane à celui de deutoxide, on les sépare par un carbonate versé peu à peu. Le fer, à l'état de protoxide, se précipite avec l'urane.

Uranite d'Autun, uranite jaune. C'est un double phosphate d'urane et de chaux qu'on avait décrit comme un hydrate. On le trouve, en belles lames jaunes hexagonales et nacrées, dans les roches primitives de Saint-Symphorien, aux environs d'Autun; il y fut découvert par M. Champeaux, ingénieur des mines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Laugier a prouvé que ce minéral est un phosphate double d'urane et de chaux. Pour l'analyser il le dissolvait dans l'acide hydrochlorique, et séparait la gangue par filtration. L'ammoniaque en excès précipite le phosphate d'urane. Toute la chaux reste dans la liqueur ; on la précipite par un oxalate.

Le dépôt formé par l'ammoniaque est calciné, pesé et traité par la potasse au creuset d'argent. La masse est traitée par l'eau, qui dissout l'excès de potasse et le phosphate de potasse. Ce sel contient tout l'acide phosphorique qu'on précipite par un sel de chaux. Le résidu n'est pas de l'oxide d'urane pur, mais de l'uranate très acide de potasse. La petite quantité de base qu'il contient change peu son poids. Voici le résultat de l'analyse :

Peroxide d'urane. . .	55,0
Chaux.	4,5
Eau.	21,0
Silice, oxide de fer. .	3,0
Acide phosphorique.	14,5
	98,0

Cette composition correspond à un atome de phosphate sesquibasique de chaux, deux atomes de phosphate sesquibasique d'urane et soixante-douze atomes d'eau.

Chalcolite, uranite vert. Dans ce minéral le cuivre remplace, atome à atome, la chaux de l'uranite jaune. Les deux espèces sont isomorphes, et ne diffèrent que par la couleur. On trouve le chalcolite dans les terrains anciens du Cornouailles. On le rencontre aussi à Johangeorgenstadt, et à Rheinbreidenbach. Sa couleur varie du vert-pré au vert-serin. Il est très éclatant et nacré. Du reste il est lamelleux comme le précédent. Sa densité est égale à 3.

M. Berzélius pensait que ce minéral était coloré par l'arsénite de cuivre. Au chalumeau ou au creuset brasqué on en obtient en effet un culot métallique blanc, cassant comme l'arséniure, et répandant une petite odeur. C'est un phosphure de cuivre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Philips, qui a le premier reconnu la nature des uranites, a cherché inutilement l'acide arsénique dans le chalcolite. Il y a trouvé :

Uranite du Cornouailles.

Peroxide d'urane.....	60,0
Oxide de cuivre.....	9,0
Acide phosphorique.....	15,3
Eau.....	13,8
Silice.....	0,5
	98,6

Pour analyser le chalcolite M. Philips le dissout dans l'acide nitrique, qui laisse pour résidu la gangue siliceuse. Il fait bouillir la liqueur avec de la potasse caustique en excès; on décompose ainsi les phosphates d'urane et de cuivre, on filtre pour recueillir le deutoxide de cuivre et l'uranate de potasse. On sature la dissolution par l'acide acétique; l'acide phosphorique qu'elle contient se dose par le nitrate neutre de plomb. Le mélange de deutoxide de cuivre et d'uranate de potasse doit être redissous par l'acide nitrique. La dissolution traitée au moyen d'un excès d'ammoniaque fournit de l'uranate d'ammoniaque insoluble. Après l'avoir lavé on le calcine, et on le pèse à l'état de protoxide. La liqueur qui contient le cuivre est portée à l'ébullition : on y verse un excès de potasse, et quand elle ne perd plus d'ammoniaque on la jette sur un filtre. On a ainsi du deutoxide de cuivre. Pour doser l'eau on calcine une portion du minéral; la perte est un peu plus grande qu'il ne faudrait : cela tient à ce que le deutoxide d'urane se portant sur l'oxide de cuivre pour former un uranate, il se dégage avec l'eau une portion d'acide phosphorique.

Il est probable qu'on rencontrera plusieurs variétés de ces phosphates doubles dans lesquels la chaux ou le cuivre seront remplacés par d'autres bases analogues. *V.* pour plus de détails l'article URANE du Traité de chimie de M. Dumas.

P.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

URINE. On désigne sous ce nom un liquide excrémentitiel des animaux, et que chacun connaît.

L'urine de l'homme a joué dans les arts industriels un rôle dont l'importance diminue chaque jour par suite de la substitution de l'ammoniaque, dont les dosages bien plus faciles produisent des effets incomparablement plus constans et meilleurs.

Un grand nombre de chimistes se sont successivement occupés de travaux analytiques sur l'urine; parmi eux on doit citer Boerhaave, Haller, Hanpt, Margraff, Pott, Rouelle, Proust, Klaproth, Schèele, Kruickshanks, Fourcroy, Vauquelin, Laugier; MM. Berzelius, Thénard, Brande, Rose, Chevreul, Giesse, Henry, Lassaigne, Chevallier, Barruel, etc., etc.

L'urine de l'homme sain est transparente, d'une couleur variable entre le jaune clair et le jaune orangé; son odeur est caractéristique; sa saveur âcre et salée; récente elle rougit le papier de tournesol; abandonnée à elle-même, avec le contact de l'air, elle se décompose, donne naissance à de l'ammoniaque; il se forme en même temps un dépôt d'urate d'ammoniaque, de phosphate de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien. Si l'urine est à l'abri du contact de l'air il n'y a pas formation d'ammoniaque. Ce fait a été constaté par Proust, qui conserva de l'urine pendant six ans, dans un flacon bien bouché, sans altération notable. Soumise à l'action de la chaleur dans des vases clos, l'urine donne lieu à divers phénomènes. L'urée et le mucus se décomposent, donnent de l'huile et du carbonate d'ammoniaque; les acides se combinent avec une portion de l'ammoniaque; il se forme du phosphate double de soude et d'ammoniaque; le phosphate de chaux et le phosphate ammoniaco-magnésien, qui étaient dissous à la faveur des acides, se précipitent; la liqueur prend une couleur plus foncée, l'eau se volatilise, entraînant avec elle une substance volatile qui n'a pas été bien encore examinée; les sels solubles, ainsi que la portion de l'urée non décomposée, se trouvant dans un liquide assez rapproché, cristallisent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'analyse de l'urine prise dans diverses circonstances a été publiée par les chimistes, au nombre desquels on cite Vauquelin; MM. Berzélius, Thénard, Orfila, etc., etc. M. Berzélius a donné les proportions suivantes pour 1,000 parties d'urine d'homme à l'état de santé.

Eau	933,00	
Urée	30,10	
Sulfate de potasse	3,71	
Sulfate de soude	3,16	
Phosphate de soude	2,94	
Hydro-chlorate de soude	4,45	
Phosphate d'ammoniaque	1,65	
Hydro-chlorate d'ammoniaque	1,50	
Acide lactique libre Lactate d'ammoniaque Matière animale soluble dans l'alcool Urée qui ne peut être séparée de cette matière		17,41
Phosphate terreux avec fluate de chaux	1,00	
Acide urique	1,00	
Mucus de la vessie	0,32	
Silice	0,03	

Les proportions de substances contenues dans l'urine doivent varier; car il est démontré que la plupart des substances introduites chez l'homme passent dans les urines. *V.* les expériences de Woehler, Journal de chimie médicale pour 1829.

Outre les principes signalés par M. Berzelius, d'autres ont été découverts par plusieurs chimistes, dans les urines de sujets affectés de certaines maladies : de ce nombre sont l'acide rosacique, une matière jaune, de la gélatine et de l'albumine; deux substances particulières, la cyanourine et la mélanourine; de la matière caséeuse, du sucre de diabétès, du sucre cristallisable, solide et très sucré; de l'oxalate de chaux, de la résine avec l'ulmine, de l'acide acétique, de l'acide benzoïque, de l'acide carbonique, du soufre et du fer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'urine pourrait être utilisée : 1°. pour la fabrication de l'ammoniaque, soit en la saturant d'acide sulfurique au fur et à mesure de son rapprochement dans des chaudières en plomb, comme l'ont tenté, les premiers, MM. Payen et Bourlier; soit en la traitant putréfiée par l'hydrate de chaux, et recevant les premiers produits distillés dans de l'acide sulfurique; 2°. pour la préparation de l'alun, en y employant les sels ammoniacaux recueillis comme nous venons de le dire; 3°. pour la confection des ENGRAIS (voir ce mot et l'article URATES); 4°. pour le lavage des laines.

Jusqu'ici les faibles proportions des produits utiles qu'elle renferme, et l'odeur repoussante de son traitement sur de grandes masses, ont rendu généralement peu profitables ou empêché ces applications.

Cependant, toutes les fois que les urines des hommes et celles des autres animaux pourront être réunies dans des réservoirs frais, puis répandues économiquement en petites proportions sur les terres en culture, elles imprégneront utilement celles-ci des principes fécondans de leur décomposition spontanée.

En Flandre on conserve, avec les matières fécales, les urines et les eaux ménagères. Ce mélange fluide répandu sur les terres ou mis en petites doses aux pieds de chaque touffe des plantes sarclées, excite et nourrit activement les développemens des végétaux.

Cette pratique n'a d'inconvénient que l'odeur infecte qu'en certaines saisons l'engrais précité fait dominer dans les champs. On peut l'éviter en faisant absorber et désinfecter, par une poudre charbonneuse, les détritus organiques putréfiés, comme le font, d'après un procédé breveté, MM. Salmon, Payen, et Buran, à Grenelle, près de Paris.

L'engrais pulvérulent ainsi obtenu réalise un *maximum* d'effet, dont on serait étonné si l'on ne savait pas que la putréfaction, si efficacement ralentie des matières animales, lui permet alors de suivre, sans les devancer, les progrès de la végétation; tandis que dans l'emploi ordinaire des fumiers et des autres engrais le dégagement des gaz utiles est souvent en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raison inverse du développement des parties vertes qui pourraient les assimiler. P.

URIQUE (Acide). *Acide lithique, acide lithiasique, acide bézoardique, acide des calculs,* on a donné ces noms divers à un acide dont la découverte est due à Scheèle ; dans la publication qu'il fit de ses expériences en 1776, il annonça la présence d'un acide nouveau dans les calculs urinaires. Ces résultats furent confirmés par Bergmann, qui, ainsi que d'autres chimistes, s'occupait d'expériences sur la nature des concrétions calculeuses formées dans la vessie.

L'acide urique étudié par Bergmann, Fourcroy, Vauquelin, Henry, puis par MM. Higgins, Wollaston, Pearson, Williams, Prout, Proust, Chevallier, Lassaigne, etc., existe dans les urines humaines ; souvent il se dépose sous forme d'une poudre jaune ; il constitue des calculs urinaires formés de couches concentriques. Uni à l'ammoniaque, il donne lieu à d'autres calculs, il existe dans la matière blanche des excrémens des oiseaux. Vauquelin l'a trouvé dans les urines blanches et troubles que rendent les serpens. M. Robiquet l'a découvert dans les cantharides ; Brugnatelli l'a trouvé combiné à l'ammoniaque dans les matières excrémentitielles de la falène du ver à soie, et dans le blanc du même insecte. Il est uni à la soude dans les calculs arthritiques (qui se forment dans les articulations.) On l'a trouvé dans une sécrétion produite par les pores *du cuir chevelu.* (Heller et Chevallier.)

Extraction. On réduit en poudre fine les *calculs d'acide urique.* On les fait ensuite dissoudre dans une solution de potasse à l'alcool ; on laisse déposer la liqueur, on tire à clair le liquide alcalin, on l'étend d'eau, puis on le filtre. La liqueur filtrée est alors décomposée par l'acide hydro-chlorique, ou par l'acide acétique. Ces acides s'unissant à la potasse précipitent l'acide urique, qui se dépose sous forme de poudre blanche, rude au toucher. On recueille le précipité sur un filtre ; on le lave d'abord avec un peu d'eau aiguisée d'alcali volatil, puis avec de l'eau chaude, et jusqu'à ce que le liquide n'enlève plus rien au précipité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut encore obtenir l'acide urique en traitant de la même manière les dépôts qui se forment dans les urines de l'homme (avant qu'elles n'aient subi la putréfaction).

L'acide urique est pulvérulent, insipide, inodore ; il rougit la teinture de tournesol, se dissout dans 1720 fois son poids d'eau à 16° centésimaux, et dans 1150 parties d'eau à 100°. Cette solution par refroidissement laisse déposer de l'acide urique sous forme de petits cristaux. La solution aqueuse d'acide urique rougit le papier de tournesol. *Voyez*, pour plus de détails, le *Dictionnaire des Drogues*, par MM. Chevallier, Richard et Guillemain. (P.)

USANCE. Cette expression est un vieux mot français synonyme d'*usage*, et qui n'est plus employé qu'en matière commerciale ; il indique le délai de grâce accordé en certain pays pour le paiement d'une lettre de change, après son échéance. Actuellement en France, l'*usance* est le mois tel qu'il est fixé dans le calendrier grégorien. Ainsi une lettre de change tirée à trois usances est payable au bout de trois mois, ces mois étant de 28, 29, 30 et 31 jours, selon la durée des mois intermédiaires comptés depuis la date jusqu'à l'échéance. L'usance est de 30 jours qui courent du lendemain de la date de la lettre de change, selon le Code de commerce, art. 132.

Ces considérations sont importantes, surtout quand la lettre de change n'étant pas payée, le porteur est obligé de protester ; car le *protêt*, faute de paiement, doit être fait le lendemain du jour de l'échéance, sans quoi tous les endosseurs sont censés libérés, et le porteur n'a plus de recours contre eux. Si le jour fixé pour le protêt est férié, le protêt doit être fait le jour suivant.

Au reste, les usances varient avec les pays ; tantôt on a un, deux, et jusqu'à dix jours de grâce, à compter de l'échéance ; tantôt les mois sont tous comptés de 30 jours. Ce sont des usages que les commerçans doivent connaître ; mais ces détails ne sauraient trouver place ici. *V.* le Traité théorique et pratique des Lettres de change, par M. Schiebé, l'ouvrage de M. Pardessus relatif à ce sujet, l'Arithmétique de M. Juvigny, etc. Fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

USINE. On donne plus particulièrement ce nom aux grands établissemens métallurgiques où l'on traite les minerais de FER et de CUIVRE. *Voyez* ces mots. On désigne encore généralement ainsi toutes les FABRIQUES. *Voyez* l'article y relatif. P.

V.

VACHE, VACHERIE (*Économie rurale*). Ce qui a été exposé à l'article BESTIAUX nous dispense d'entrer ici dans beaucoup de détails. Nous ajouterons seulement quelques notions spéciales qui peuvent avoir de l'importance.

Les plus grosses vaches sont en général préférables, en leur donnant une nourriture proportionnée à leur force. On choisira donc celles qui auront la plus haute taille, le front large, les cornes bien ouvertes et polies, le ventre gros et ample. Les meilleures vaches sont les plus fécondes, les plus pourvues de lait, les plus douces de caractère, etc.; elles ne doivent pas être grasses, si ce n'est lorsque l'on veut les envoyer au boucher. La couleur du poil est indifférente, et les idées particulières qui se sont faites à cet égard, et qui d'ailleurs varient avec les localités, peuvent être considérées comme autant de préjugés.

Dans une exploitation rurale, il faut au moins six vaches par charrue pour utiliser les gros fourrages, fumer les terres, obtenir des veaux, du lait, du beurre et du fromage, etc. On évalue à 100 francs par an le produit d'une vache en terme moyen; mais ce n'est qu'en grande exploitation que les vaches sont réellement profitables. Une fille peut suffire pour soigner au plus douze vaches, et être chargée de toutes les opérations de la laiterie. Les produits de ces animaux varient considérablement avec les localités, les soins et les espèces. *Voyez* BEURRE, BESTIAUX.

Pendant la gestation, les vaches n'exigent aucun soin particulier; il suffit de les nourrir abondamment, et de les tenir avec propreté dans un lieu sain. Elles perdent leur lait plus tôt ou plus tard, mais communément au sixième ou septième mois de la gestation, qui dure neuf mois : du moins, il ne faut pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

traire les vaches au delà de ce terme, parce qu'on enlèverait la substance du petit, et on affaiblirait la mère. Le plus souvent, le part n'a pas besoin de secours; une bonne litière, quelques soins de propreté et de salubrité sont seuls nécessaires. Au reste, il est bon que le vacher soit prêt à aider la sortie du veau quand le cas l'exige, et celle du délivre, que la mère retire souvent elle-même, et mange pour l'ordinaire, sans qu'il en résulte d'inconvénient, fait qui est contraire aux préjugés populaires. Donner du vin, de l'eau blanche, de la farine d'orge, des herbes à discrétion, sont les seules précautions qu'on doive prendre pendant 8 à 10 jours.

La mère lèche d'abord son petit, le réchauffe auprès d'elle, l'allaite, et se charge de tous les soins. Le cas d'altération du lait, ou de la maladie, exige cependant quelquefois que le vacher intervienne. Le premier lait purge le nouveau-né. Au bout d'un, de deux ou de trois mois, on livre le veau au boucher; il en est même qu'on tue à l'âge de 8 jours, quoique les ordonnances de police s'y opposent, cette viande étant alors peu saine. Les petits veaux pèsent 50 livres, les forts 150.

Lorsqu'on veut élever les veaux pour accroître le troupeau, on a soin de choisir les plus forts et les mieux conformés, engendrés par une vache de 4 à 10 ans. Le petit commence à brouter dès le second mois. Les dents de lait sortent avant, ou peu après la naissance; la dentition est complète à la fin du premier mois; ces dents tombent à 18, 20, et même 24 mois, et ne sont complètement renouvelées qu'à 4 ans et demi ou 5 ans. Les cornes poussent à la seconde année, et on y reconnaît l'âge de l'animal, chaque bourrelet de la base indiquant une année après la première. On musèle les veaux quand on veut s'opposer à ce qu'ils tettent leur mère. A l'âge d'un an, le veau devient taureau ou génisse; dès 2 ans, on châtre les mâles qu'on ne destine pas à la reproduction.

On peut faire travailler les vaches comme les bœufs; mais on doit alors les bien nourrir, pour que la fatigue ne les prive pas de leur lait.

Il faut compter au moins 15 kilogrammes de bon foin par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jour pour la nourriture d'une vache; le trèfle, la luzerne, le maïs, les navets, les pommes de terre, les tiges de vesce, de lentilles, de spergule, de chicorée, la paille d'orge et d'avoine, etc., sont préférés. Les herbes vertes donnent plus de lait, mais moins de crême. En général, il est reconnu que la qualité du beurre dépend essentiellement de celle des pâturages et des soins hygiéniques. Le plus souvent on conduit les vaches aux champs; mais dans certaines localités on les laisse constamment à l'étable. On fait boire les vaches deux fois par jour en été, une seule fois en hiver. Les marais ne donnent qu'une pâture de mauvaise qualité, qui présente des dangers pour la santé des vaches.

On estime qu'un cheval ne fournit de fumier que pour un arpent de terre, tandis qu'une vache suffit à deux arpens, et donne un meilleur fumier, surtout pour les terres légères et sablonneuses.

D'après ce qui a été dit aux articles Étables, Écuries et Bergeries, nous croyons inutile de traiter des vacheries d'une manière spéciale, pour éviter les répétitions inutiles. Fr.

VAISSEAUX, NAVIRES (*Arts mécaniques*). On donne le nom de navires aux bâtimens propres à la navigation sur mer, et l'on désigne particulièrement ceux de l'état qui sont armés en guerre par les noms de *vaisseaux, frégates, corvettes, bricks, goëlettes, lougres* et *côtres*. Les *prames, gabarres,* sont spécialement réservées au transport des troupes et munitions; les *flûtes* sont des bâtimens de guerre dont on a réduit l'armement, soit pour les destiner aux transports, soit pour en faire des ambulances d'hôpital, à la suite d'une escadre ou d'une armée.

Le bâtiment de guerre qui a deux ou trois batteries de canons couvertes est appelé *vaisseau;* tout bâtiment au dessous prend la dénomination de *frégate* ou de *corvette*, suivant la qualité plus ou moins forte des canons qu'il porte. Ces différens navires sont pourvus du même nombre de mâts, et ils ne diffèrent que par leurs dimensions : ce nombre est de trois mâts verticaux, et d'un quatrième mât qui s'élance au dehors, à l'a-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vant, sous une inclinaison d'environ 45 degrés à l'horizon. On nomme celui-ci *beaupré*; le *grand mât* est entre celui de *misaine* et celui d'*artimon*, le premier vers la proue, et le second vers la poupe. Ces divers mâts, situés sur la direction de l'axe du navire, sont prolongés par d'autres, qui en accroissent l'élévation. On appelle *grand mât de hune* celui qui est enté sur le grand mât, et *grand mât de perroquet* celui qui est enté sur ce dernier. Le mât de misaine porte pareillement un mât de hune et un perroquet; celui d'artimon n'a qu'un perroquet, qu'on nomme de *foule*, de *fougue* ou d'artimon; enfin, le beaupré a aussi son perroquet, qui est appelé *tourmentin*.

Le grand mât est à peu près au milieu du vaisseau : en partageant la longueur du vaisseau en onze parties, l'artimon est fixé vers la deuxième partie, et le mât de misaine vers la dixième, à compter de l'arrière à l'avant, de manière à laisser entre les mâts le plus d'espace possible, et à donner aux voiles la plus grande largeur, sans gêner la manœuvre. Le grand mât et celui d'artimon penchent un peu vers l'arrière. Ces mâts sont arrondis et formés de plusieurs pièces de bois, bien assemblés, reliés par des cordes et des frettes en fer, goudronnés, et renforcés par des jumelles. Ils sont destinés à recevoir les *vergues* qui portent les voiles. Les mâts de prolongement ont leur brisure d'en haut affermie par le *chouquet;* des cordages ou *haubans* les maintiennent solidement dans leur direction contre l'effort des vents. Des développemens plus étendus à ce sujet seraient déplacés ici. *Voyez* l'article MATS.

Le *brick*, ainsi que la *goëlette*, n'a que deux mâts verticaux, et son beaupré incliné à l'avant : ces deux navires ne diffèrent que par leur gréement et leur voilure. Le brick était, dans l'origine, appelé *brigantin*, et il est vraisemblable que ce nom ne lui fut donné que pour réveiller le souvenir des flibustiers, qui firent leurs principales expéditions avec des bâtimens de cette espèce.

Les autres navires sortent de la classe des bâtimens de guerre, et la plus légère différence dans la disposition de leurs mâts, de leurs vergues et de leurs voiles, donne naissance à une multitude de dénominations diverses, qui changent suivant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les parages. C'est ainsi qu'un petit bâton parallèle au mât de l'arrière, qui est le grand mât des bricks, et qui sert à hisser la corne de brigantine, fait prendre au navire le nom de *fenau*. Il est de même une foule de modifications apportées dans le gréement et l'installation de ces bâtimens. Ces détails sans intérêt sortent du cadre de notre Dictionnaire.

Les *gabarres*, quelquefois appelées *corvettes de charge*, sont en tout semblables aux frégates, et en diffèrent peu dans les principales dimensions. Quant aux *prames*, qui ont les fonds plats, et généralement marchent très mal, elles méritent à peine d'être comparées pour l'utilité aux navires de commerce hollandais; leur apparence serait la même que celle des gabarres, si elles avaient, comme ces dernières, une batterie armée.

Après tous ces navires, viennent les bâtimens de commerce qui sont uniquement destinés au chargement, et qui n'ont qu'un seul point éclairé, le *tillac* ou *gaillard*. Ce sont des *trois mâts* et des *bricks*.

Les *côtres* n'ont qu'un seul mât vertical, et ne font ordinairement que la navigation des côtes, ou le *cabotage*.

En général, tous les grands bâtimens de guerre et du commerce, et même les bricks, sont appelés vaisseaux *carrés*, parce que leurs principales voiles sont carrées. Les bâtimens inférieurs, comme le *lougre*, le *chasse-marée*, la *tartane*, le *chébec*, le *trabacolo*, etc., ont leurs voiles triangulaires, qu'on appelle *voiles latines :* ce sont de grands bateaux pontés et gréés pour la mer.

Revenant aux bâtimens de guerre, nous dirons qu'il y en a de deux espèces, qu'on désigne par les noms de *vaisseaux à trois ponts* et *vaisseaux à deux ponts*. Ces deux classes sont elles-mêmes partagées pour former quatre rangs distincts de force, de 120, 100, 74 et 50 canons.

Les frégates sont également partagées en deux rangs, selon leur grandeur et leur force. Autrefois, il y avait des frégates de 36, 42, 48 canons, des calibres de 12, 18 et 24 (poids des boulets); mais aujourd'hui, on n'en construit plus que de 54 et de 60 canons, des calibres de 24 et de 30.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les corvettes et les bricks ont indifféremment pour armement des caronades ou des canons, mais plus généralement de ces premières, et seulement des canons pour étendre le pointage et la portée des boulets, dans le cas de chasse ou de retraite, et quelquefois aussi pour tirer sur la terre.

Les principales dimensions des bâtimens de mer sont : 1° la longueur totale; 2° la largeur, qui se prend au milieu, et qui est ordinairement d'un quart de la longueur pour les navires de guerre, et d'un tiers pour ceux du commerce; la troisième dimension est le *creux* ou la profondeur, depuis le pont jusqu'à la quille.

Le budget de 1830 porte à trente-quatre le nombre de nos vaisseaux, à quarante et une frégates, à cinq corvettes de guerre, à vingt-neuf bricks, à neuf corvettes-aviso, à quinze goëlettes-bricks, à six canonnières, à trente-quatre goëlettes, à quarante-trois côtres, lougres, etc., à neuf bateaux à vapeur, à quinze corvettes de charge, à trente-sept gabarres, six transports, etc.

Consultez les Dictionnaires de Romme, de Willaumez; le Traité de la construction, de Vial de Clairbois; les Tables comparatives des dimensions des bâtimens, par Gicquet Destouches, etc. FR.

VAN (*Technologie*). Le *van* est un instrument d'osier à deux anses, qui a donné son nom au *vannier*. Le van a une surface presque plane, avec un rebord d'environ six pouces de haut par derrière; ce rebord diminue de hauteur sur les côtés, et se réduit à rien lorsqu'il arrive au côté du devant qui n'a pas de bord. Il sert à vanner les grains, pour en séparer la menue paille et la poussière : lorsqu'on l'agite en lui faisant produire un léger mouvement circulaire, les grains sont plus lourds, ils occupent le fond; la menue paille et la poussière viennent à la surface : on enlève le tout avec la main. *V.* VANNAGE. L.

VANILLE. On nomme ainsi le fruit du vanillier. *Epidendrum vanilla*, L. *Vanilla aromatica*, Swartz. — (Famille des Orchidées. Gynandrie, Diandrie. L.) Cette plante croît spon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tanément dans l'Amérique équinoxiale, surtout au Mexique, dans les républiques de Colombie, du Pérou, et sur les rives de l'Orénoque.

Le vanillier se cultive au Brésil, dans les Antilles, et dans d'autres contrées des climats chauds. Il offre une belle végétation dans les endroits plantés d'arbres et arrosés par des sources : *fausse parasite* sur les troncs des vieux arbres, il végète en s'attachant à leur écorce, et aspirant l'humidité de celle-ci, qu'entretiennent sans cesse les lichens et divers autres cryptogames, mais sans vivre, comme le gui et autres *vrais parasites*, aux dépens des propres sucs de ces arbres.

Les rameaux du vanillier, sarmenteux et flexibles, s'élèvent très haut en serpentant autour des arbres à leur portée; ses feuilles sont alternes, persistantes, épaisses, charnues, un peu coriaces, légèrement ondulées sur leurs bords; les fleurs, très volumineuses, sont purpurines, odorantes, et disposées en bouquets; son fruit, presque cylindrique, uniloculaire, en forme de silique, est pulpeux à l'intérieur.

La récolte de la vanille doit être faite avant sa complète maturité.

Lorsque l'on a rassemblé au moins douze mille *siliques*, on les attache en chapelet par la partie inférieure, le plus près possible de leur pédoncule : on trempe un instant dans l'eau bouillante ces fruits pour les blanchir; on les suspend ensuite à l'air libre, aux rayons du soleil, pendant quelques heures. Le lendemain, on enduit la vanille d'huile, à l'aide d'une barbe de plume, ou avec les doigts. On a le soin d'entourer les capsules avec un fil de coton imbibé d'huile, pour empêcher les valves de se séparer. Lorsqu'elles se dessèchent, il s'écoule de leur extrémité supérieure renversée l'excès d'un liquide visqueux; on facilite cet écoulement en pressant, à plusieurs reprises, les gousses avec les mains huilées.

Les vanilles en se desséchant se déforment, deviennent brunes, ridées, molles, et diminuent au delà des trois quarts de leur volume. En cet état, on les enduit une seconde fois d'huile, mais avec ménagement, car un excès d'huile diminue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup l'odeur suave qui fait leur qualité essentielle ; elles sont alors propres à être livrées au commerce.

On dispose ces fruits, improprement nommés gousses ou siliques, par petites bottes de 50 ou de 100, que l'on expédie en Europe, après les avoir enveloppés dans des feuilles de plomb ou enfermées dans des boîtes métalliques bien closes.

La vanille, telle qu'elle nous arrive par la voie du commerce, est un fruit capsulaire, siliquiforme, de la grosseur d'une plume de cygne, droit, cylindrique, un peu comprimé, tronqué au sommet, aminci à ses deux bouts, luisant, ridé, sillonné longitudinalement, flexible, et d'une longueur qui varie entre 5 et 10 pouces ; d'une couleur brune, rougeâtre. A l'intérieur, il contient un parenchyme pulpeux, mou, onctueux, très brun, dans lequel se trouvent des semences noires, brillantes et très petites ; son odeur est suave, aromatique ; sa saveur chaude, un peu douceâtre. Ces dernières propriétés paraissent dépendre d'une huile essentielle ; souvent l'acide benzoïque forme des efflorescences cristallines à la surface du fruit. La partie pulpeuse est douée des principes aromatiques ; le péricarpe est très peu odorant.

On distingue dans le commerce plusieurs sortes de vanilles, qui, suivant l'opinion communément adoptée, sont dues à des variétés de la même espèce, cultivée ou sauvage. Cependant, les gousses de quelques vanilles ont une forme si particulière, et d'ailleurs les espèces d'orchidées des contrées intertropicales sont tellement nombreuses, que des espèces distinctes, appartenant au genre *vanilla,* sont susceptibles de fournir des fruits assez semblables, pour être confondus dans le commerce de la droguerie.

La première et la plus estimée a reçu le nom de *vanille leq ;* elle est longue d'environ 6 pouces, large de 3 à 4 lignes, rétrécie aux deux extrémités et recourbée à sa base ; un peu molle, visqueuse, d'une couleur rougeâtre foncée, et d'une odeur extrêmement suave, analogue à celle du baume du Pérou. On lui donne le nom de *vanille givrée* quand elle s'est couverte d'efflorescences d'acide benzoïque, après avoir été conservée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un lieu sec et dans des vases non hermétiquement clos.

La seconde sorte, nommée *vanille simarona* ou *bâtarde*, est un peu plus petite que la précédente, d'un brun moins foncé, plus sèche, moins aromatique, non susceptible de se couvrir d'efflorescences; elle ressemble d'ailleurs en tous points à la vanille leq, et, suivant l'opinion de M. Guibourt, paraît être le fruit de la plante sauvage : on la tire de Saint-Domingue.

Une troisième sorte est le *vanillon* ou *grosse vanille*, du commerce français; *vanilla pamprona* ou *bova* des Espagnols. Sa longueur est de 5 à 7 pouces, sa largeur de 6 à 9 lignes. Elle est brune, molle, visqueuse, presque toujours ouverte, d'une odeur forte, mais moins suave que la vanille leq; elle est par-conséquent moins estimée, et souvent un peu altérée par un commencement de fermentation. On l'envoie du Brésil, en quelque sorte confite au sucre, et renfermée dans des boîtes de fer-blanc qui contiennent de 20 à 60 gousses.

La vanille est un des aromates les plus recherchés, surtout par les chocolatiers, les confiseurs, les glaciers, les crêmiers, et les parfumeurs et distillateurs. Elle est difficile à réduire en parties fort tenues; on parvient cependant à la diviser suffisamment pour ses divers usages, en la coupant très mince et en la broyant avec du sucre. Pour quelques préparations, on extrait le principe odorant à l'aide de l'alcool froid.

Comme la vanille est d'un prix fort élevé, on trouve, dans le commerce, des gousses qui, restées sur la plante après la maturité, se sont ouvertes, et ont laissé échapper les principes aromatiques. Les falsificateurs recouvrent avec soin ces gousses, et les enduisent avec le baume du Pérou, pour leur donner de l'odeur; ils ont d'ailleurs le soin de placer ces mauvaises gousses au centre des bottes de vanille de première qualité. Un examen très attentif est indispensable pour déceler cette falsification. P.

VANNAGE (*Agriculture*). Lorsque les semences de céréales ont été enlevées de leurs épis par le battage, elles se trouvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mêlées de terre, de balles, et de beaucoup de substances étrangères : on les en débarrasse par le vannage. Dans la plupart des pays, cette opération se fait avec un van ; il est muni de deux anses ou poignées. L'ouvrier le saisit par ces anses avec les deux mains, et, appuyant le bord postérieur sur le bas-ventre et le fond sur une cuisse, il secoue le grain et le fait sauter en l'air par un mouvement combiné de tous ses membres. Le vent enlève les balles et les poussières, et les grains sont ainsi nettoyés.

Ce procédé lent et pénible a l'inconvénient de ne chasser des semences que les corps légers; les pierres, le sable, y restent mêlés : d'ailleurs on fait l'ouvrage lentement.

Dans les contrées méridionales, on jette le blé contre le vent avec des pelles; souvent on le lance circulairement. Le bon grain, étant plus pesant, résiste à l'effort du vent, et est lancé au loin; les grains imparfaits, la poussière, restent en arrière. On produit aussi le même effet en jetant les semences dans la direction du vent. Il est bon, pour faire cette manœuvre, que l'ouvrier soit monté sur une table.

Le CRIBLE débarrasse ensuite les graines des pierrailles et des autres corps gros que les mailles de la peau que cet instrument porte à son fond ne laisse pas passer.

On remplace avec avantage ce crible, surtout pour le froment, qui exige plus de soins et de propreté, par l'emploi de machines aujourd'hui généralement en usage. *Voyez* les articles TARARE, CRIBLE, où ce sujet a été traité. FR.

VANNE (*Arts physiques*). Lorsqu'on veut rester maître de distribuer à volonté les eaux d'un ruisseau, d'un étang, etc., on y pratique un barrage vers le milieu duquel on établit une baie que ferme une sorte de porte appelée *vanne*. On construit cet appareil de diverses manières; mais le plus ordinairement on fixe deux montans verticaux, à coulisses longitudinales, dans lesquelles on fait monter et descendre un assemblage en planches, qui est proprement la vanne dont nous traitons. Lorsqu'il s'agit de faire simplement des irrigations sur de faibles cours d'eau, comme on en trouve dans les prairies, cette vanne est si

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

petite qu'elle n'exige aucun art particulier pour remplir sa destination. On se contente alors de soulever la vanne avec un levier en pied de biche, qui en saisit le haut par un anneau, et de la faire glisser dans ses deux coulisses; et lorsqu'on l'a élevée au degré voulu, on l'arrête dans cette position, en fichant un boulon ou une cheville dans cet anneau et dans l'un des trous pratiqués sur un montant vertical. On se représente si aisément cet appareil et toutes les modifications dont il est susceptible, qu'il serait superflu d'entrer dans plus de détails à cet égard. La vanne descend, par son seul poids, en glissant dans les rainures de deux poteaux latéraux, et ferme le passage à l'eau qui est arrêtée par le reste du barrage. (*Voyez* BATARDEAU.) Ou, si l'eau se fraye une voie par les fissures, et qu'on ait intérêt à s'y opposer, on garnit, chaque fois qu'on abaisse la vanne, tous les joints en amont avec de la terre, des herbes, etc. L'eau, ainsi retenue, doit d'ailleurs s'élever jusqu'à un niveau auquel on lui ménage une fuite par une voie de dégorgement.

C'est ainsi que sont construites la plupart des petites vannes, des *pertuis* et des *guichets* d'ÉCLUSES, pour vider un étang, retenir ou lâcher les eaux d'un fossé, d'un marais salant, etc. Mais lorsque la vanne est un peu étendue, il devient nécessaire, pour la monter, d'employer des moyens mécaniques proportionnés à la résistance, qui se compose du poids de la vanne et du frottement dans les coulisses. Ces machines varient selon les conditions.

Souvent on fixe en travers, en haut des montans à coulisse, une pièce de bois horizontale appelée ENTRETOISE ou *chapeau*, qui donne le point d'appui. Une grosse vis, en fer ou en bois, va mordre verticalement dans un écrou solidaire avec la vanne, et on tourne cette vis à l'aide d'un levier qu'on entre dans des trous en croix qui traversent la tête de l'arbre dépassant au dessus du chapeau. Si cette action n'est pas suffisante pour surmonter la résistance, on y pratique des engrenages mus par des MANIVELLES, une ROUE A TYMPAN, etc.; ou bien on se sert d'un système de treuils et de poulies, etc. *Voyez* l'Architecture hydraulique de Bélidor, tome 3, page 383. Ces divers appareils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont représentés, fig. 1, 2, 3, pl. 16, des Arts physiques.

On se sert aussi d'une CRÉMAILLÈRE fixée verticalement à la vanne, et on fait engrener les dents de cette crémaillère, à la manière d'un CRIC, avec celles d'un pignon mû par une manivelle. C'est ce procédé qui est le plus en usage pour le service des roues hydrauliques. *Voyez* fig. 7 et 9, pl. 53 des Arts mécaniques: la figure 8 représente une de ces machines appliquée à une vanne oblique. Les vannes de moulins doivent être placées à l'entrée du coursier, et donner l'eau avec l'abondance nécessaire à la résistance, par un pertuis ménagé immédiatement en face des aubes de la roue.

L'appareil mécanique doit être combiné de manière que la force dont on dispose puisse enlever facilement la vanne; il faut donc calculer d'abord cet effort de résistance; voici comment on s'y prend. La hauteur du niveau au dessus du seuil du pertuis, la longueur et la largeur de la vanne, sont les données du problème. On calcule la surface rectangulaire immergée; et, comme l'effort de la pression s'exerce au milieu de cette surface, on obtient la charge d'eau sur elle en multipliant cette surface, exprimée en décimètres carrés, par la moitié de la hauteur du niveau au dessus du seuil; le produit est la charge en kilogrammes. On évaluera au tiers de ce nombre le frottement causé par la pression de la vanne contre les coulisses, et ce résultat, ajouté au poids de la vanne, exprimera le poids qu'on doit soulever, poids qui d'ailleurs va en décroissant à mesure que la vanne monte, parce que la pression de l'eau diminue de plus en plus.

Ainsi, supposons que la vanne ait 16 décimètres de large, et que la profondeur du seuil du pertuis soit de 26, la surface sera 416 décimètres carrés: multipliant par la demi-profondeur 13, on a 5408 kilogrammes par la pression de l'eau sur la vanne. Et d'abord on doit donner aux planches de la vanne une épaisseur et une solidité de construction qui lui permettent de résister à cet effort, sans se déformer. On ajoutera ensuite le poids de la vanne à 1470 kilogrammes, tiers de 5408, et on aura le poids qu'il faut enlever chaque fois qu'on veut monter la vanne. La résistance, en descendant, est 1470 kilogrammes moins le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poids de la vanne; aussi ce poids suffit-il ordinairement pour faire retomber la vanne et fermer le pertuis.

Il est rare qu'on monte la vanne jusqu'au dessus du niveau, parce qu'il faut toujours proportionner la dépense d'eau aux besoins qu'on veut satisfaire. Il est donc indispensable de calculer cette dépense par un orifice donné. Pour connaître la force d'une chute, il faut évaluer la masse d'eau qui tombe et la vitesse qu'elle reçoit.

Si l'orifice d'écoulement est percé dans une paroi horizontale, et armé d'un AJUTAGE situé à la profondeur h au dessous du niveau, la vitesse d'écoulement est $v=\sqrt{(2gh)}$, *voyez* ÉCOULEMENT, DÉPENSE, sauf la contraction de la VEINE FLUIDE. Mais ici le pertuis est une surface rectangulaire pratiquée dans une paroi verticale dont la largeur horizontale est l, c la hauteur verticale (comptée depuis le seuil du pertuis jusqu'à la base inférieure de la vanne), lc l'aire, h et h, les enfoncemens sous l'eau des deux bases horizontales de la baie. L'enfoncement du milieu, ou la distance au niveau de l'eau est $k=\frac{1}{2}(h+h')$. La théorie prouve que la vitesse moyenne du fluide jaillissant est exprimée par (1)

$$V=\frac{2}{3}\sqrt{(2g)}.\left(\frac{h'^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}}{c}\right),$$

(1) La dépense du pertuis, réduit par la pensée à une simple ligne horizontale, est $\frac{2}{3}\sqrt{(2g)}\left(h'^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right)$; si l'on supposait à tous les filets fluides la même vitesse V, on voit que le débit serait $V(h'-h)$: ainsi, cette vitesse V serait celle qui est donnée dans le texte. Multipliant par la largeur l du pertuis, on trouve pour la dépense en une seconde :

$$Q=\frac{2}{3}l\left(h'^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right)\sqrt{2g}=\frac{2}{3}lk\left(\frac{h'^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}}{k^{\frac{3}{2}}}\right)\sqrt{2gk}$$

$$=\frac{2}{3}lk\left\{\left(1+\frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}}-\left(1-\frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}}\right\}\sqrt{2gk}.$$

En posant $A=\frac{2k}{3c}\left\{\left(1+\frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}}-\left(1-\frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}}\right\}$,

on trouve la formule donnée ci-dessus. Notre table donne les valeurs de A toutes calculées, ainsi que leurs logarithmes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et que la dépense du pertuis est, en une seconde de temps,

$$Q = A\,c\,l\sqrt{(2gk)}$$

Ici g représente $9^m,81$, double de l'espace décrit dans le vide pendant la première seconde de la CHUTE des corps graves; A est une constante dont la valeur est donnée par la table suivante. On entre dans cette table avec la valeur que se trouve avoir, dans le cas proposé, la quantité $L = \frac{c}{2k} = \frac{h' - h}{h' + h}$. Et quand ce nombre tombe entre ceux de la table, on interpole. Les quantités l, c, h, h', sont exprimées en mètres, et le produit Q l'est en mètres cubes. (*Voy.* le Mémoire de M. Prony sur les eaux courantes, et l'Essai sur les moyens de conduire les eaux, par M. Genyès).

L.	A.	Log. A.	L.	A.	Log. A.
0	1,00000	0.00000	0,5	0,98904	$\bar{1}$.99521
0,1	0,99958	$\bar{1}$.99982	0,6	0,98383	.99292
0,2	0,99332	.99927	0,7	0,97724	.99000
0,3	0,99619	.99834	0,8	0,96896	.98631
0,4	0,99312	.99700	0,9	0,95828	.98149
0,5	0,98904	.99521	1,0	0,94281	.97442

Il est donc bien facile de calculer la dépense Q d'un pertuis par seconde : bien entendu qu'il faut appliquer à ce résultat la correction due à la contraction de la VEINE FLUIDE. (*Voy.* ÉCOULEMENT.) Ainsi, par exemple, si le pertuis a pour dimensions $l = 1^m,024$, $c = 0^m,327$, et que les profondeurs d'enfoncement des bases horizontales soient $h' = 0^m,981$, $h = 0^m,654$, d'où $k = 0^m,8175$, on trouve $L = \frac{327}{1635} = 0,2$, $A = 0,99832$, et tout calcul fait $Q = 1\ ,337$. Mais il faudra multiplier ce résultat par 0,62, pour avoir égard à la contraction; en sorte que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dépense du pertuis serait par seconde de 0,82894 mètres cubes, ou 828,94 décimètres cubes ou litres.

Dans les calculs précédents, l'eau coule *à pleins bords* par l'orifice quadrangulaire que laisse la vanne, en partie levée, entre sa base inférieure, le seuil du pertuis et les coulisses verticales, le tout à une certaine distance au dessous du niveau. Mais lorsque la vanne est levée entièrement au dessus de ce niveau, l'eau coule en *nappe*, et le calcul de la dépense se fait par la formule donnée à l'article Reversoir. *Voyez* au reste, sur toute cette matière, l'Hydraulique de Dubuat et les ouvrages cités. Fr.

VANNIER (*Technologie*). On donne le nom de *vannier* à l'ouvrier qui fabrique avec de l'osier des paniers, et des corbeilles de toutes grandeurs et de toutes formes, propres à renfermer des substances sèches. L'osier est le bois qu'ils emploient à tous leurs ouvrages. Les objets grossiers sont fabriqués avec l'osier brut, c'est-à-dire couvert de sa peau. Les objets les plus recherchés sont construits avec l'osier rond, pelé et blanc.

Pour les petits ouvrages, les plus délicats, ils fendent l'osier rond en trois, quatre, cinq, six parties. Pour y parvenir facilement, il se sert d'un instrument qu'il appelle *fendoir*, qui est ordinairement en buis, pour le diviser en trois, et en fer pour le diviser en un plus grand nombre. Ce fendoir a sept à huit pouces de long; la tête est partagée en autant de parties qu'on veut avoir de divisions; elle présente une pointe dans son axe, entouré de rayons qu'on rend fort tranchans avec la lime. On enfonce la pointe dans le centre de l'osier, et en poussant l'outil avec une force suffisante, on divise le bois en autant de parties que l'instrument a de rayons.

Pour former des paniers avec ces divisions d'osier, on ne conserve que la partie solide du bois, celle qui touche l'écorce; et pour enlever le bois intérieur, qui n'aurait aucune solidité, on emploie un instrument semblable à celui qui sert au fabricant de Ros, qu'il nomme *filière*, que nous avons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

décrit t. XVIII, page 376. Dans le même article, on lira aussi, même page, la description du *fendoir* dont nous venons de parler, connu chez le fabricant de Ros sous le nom de *rosette;* c'est le même instrument.

Lorsque l'osier est fraîchement coupé, on peut l'employer sans le mouiller; mais, lorsqu'il est sec, on le couche par terre, on l'étale, et l'on jette de l'eau dessus avec la main. On le *bassine,* c'est le nom qu'on donne à cette opération; on le descend ensuite à la cave, où on le laisse par terre jusqu'à ce qu'il ait acquis la flexibilité nécessaire pour le travailler. L'osier fendu ou non fendu est *bassiné* avant de le travailler.

Pour faire les ouvrages de vannerie, quels qu'ils soient, le vannier, après avoir préparé l'osier qu'il y destine, fait la carcasse ou la charpente à claire-voie, avec de l'osier plus gros, et quelquefois des morceaux de bois travaillés; ensuite il remplit plus ou moins les intervalles par des osiers plus minces et plus flexibles; il les entrelace le plus proprement qu'il peut ou qu'exigent les ouvrages, et donne ainsi à ses pièces la solidité et la consistance qu'elles doivent avoir.

Les jolis ouvrages de vannerie que l'on vend à Paris dans tous les quartiers, sur les ponts, sur les boulevarts, sur les places, sont fabriqués de la même manière, avec beaucoup d'art, de délicatesse et de propreté, dans des fabriques qui sont aux environs de Reims. L.

VAPEUR *(Arts physiques)*. Tous les corps liquides, même le mercure, se résolvent en vapeur; il ne faut que leur donner la quantité de chaleur nécessaire à ce changement d'état, quantité variable avec les diverses substances; et même, lorsque l'on n'ajoute pas cette chaleur par une action spéciale, la vaporisation ne s'en produit pas moins, parce que le calorique est fourni, soit par l'air ambiant, soit par les vases et les corps voisins, soit enfin par le liquide même. Aussi ces corps éprouvent-ils un refroidissement qu'on sait mesurer. Ces effets ayant été exposés à l'article Evaporation, nous nous bornons à les rappeler.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme la vapeur d'eau est à peu près la seule qui ait été employée dans les arts, il ne sera question ici que de ce sujet. Nous répéterons donc que :

1°. Lorsqu'un vase est mis sur le feu, l'ÉBULLITION commence au point où la force élastique de la vapeur l'emporte sur la pression mesurée par le baromètre ; que par conséquent l'eau bout à une plus basse température sur les hautes montagnes que dans les plaines ; à la surface de l'eau, qu'au fond du vase qui le contient, fond qui porte le poids de la colonne liquide.

2°. Lorsque l'air et la vapeur sont mêlés ensemble, chacun de ces gaz conserve sa force élastique propre ; ces tensions, calculées comme si l'une ou l'autre existait seule dans les mêmes circonstances, s'ajoutent, et la pression est la somme de leurs pressions particulières.

3°. La force de la vapeur, ou sa tension, varie proportionnellement à la température, et en raison inverse de l'espace occupé par cette vapeur ; la loi est la même pour celle-ci que pour l'air sec.

4°. La vapeur se forme dans l'espace; l'air n'y influe en rien, quelle qu'en soit la pression, si ce n'est qu'il en retarde le développement, surtout quand il est en repos ; les courans d'air l'accélèrent au contraire en renouvelant l'espace. L'évaporation dans le vide est presque instantanée, et le liquide qui reste en éprouve un refroidissement qui peut aller jusqu'à le convertir en glace.

5°. A une température et dans un espace donné, il ne se peut former qu'une quantité de vapeur fixe : l'eau qui reste conserve son état liquide. Si l'on diminue l'espace, la vapeur se résout en eau, pour qu'il n'en reste que la quantité convenable au volume et à la température. Cette vapeur liquéfiée abandonne tout le calorique qu'elle avait absorbé pour se changer en gaz. Ainsi la vapeur ne se laisse pas comprimer, dès qu'elle a atteint un certain degré de tension propre à sa température et à l'espace qu'elle occupe.

6°. Si un espace est saturé de vapeur d'eau, il faut élever la température pour que l'eau puisse former de nouvelle vapeur,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou augmenter l'espace en dilatant le gaz. Tout espace qui ne contient pas la dose de vapeur propre à le saturer, eu égard à sa température, laisse de nouvelle eau se vaporiser : la pression de l'air retarde cet effet sans l'empêcher.

7°. Le poids d'un volume de vapeur d'eau n'est que les cinq huitièmes de celui de l'air, sous même volume et même température. Un litre de vapeur d'eau pèse 0,81 grammes sous la pression de 760 millimètres et à 100 degrés, tandis qu'un litre d'air pèse 1, 3 grammes (1).

8°. Il suit des expériences de MM. Clément et Désormes que, *sous une pression quelconque, et à toute température, l'eau absorbe* 550 *degrés centigrades dans son passage à l'état de vapeur.* Ainsi l'eau que nous voyons s'évaporer lentement à l'air libre, soit à l'ombre, soit au soleil, absorbe aussi bien cette quantité de chaleur, que l'eau que nous mettons sur le feu dans un vase; seulement le passage à l'état de vapeur marche avec plus de lenteur dans le premier cas. La quantité de chaleur qui fait passer un poids d'eau de 100 degrés à l'état de vapeur suffirait pour élever d'un seul degré un poids d'eau 550 fois plus grand. Cette chaleur est employée à conserver l'eau sous forme de gaz; elle est *latente*, et on la retrouve en totalité lorsque ce gaz redevient eau.

9°. L'eau ne bout qu'en surmontant la pression exercée à sa surface ; on voit le liquide bouillir à 84_0 environ au sommet du mont Blanc, parce que la pression atmosphérique n'y est que de $41\frac{7}{10}^{mm}$. Sous une pression de 30^{mm}, l'eau bout à 30°, et sous la machine pneumatique, l'ébullition se fait à zéro. Les chaudières à haute pression ne laissent bouillir l'eau qu'à des températures plus ou moins élevées.

L'application de ces principes aux arts a été développée en divers endroits de notre Dictionnaire, et particulièrement aux articles Séchoir, Etuve, Sucre, Bière, etc.

(1) Un litre de vapeur d'eau pèse 0,810258 grammes, et un litre d'air sec 1,299541 ; la température est ici supposée celle de la glace fondante, et la pression de 760 millimètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A l'article Force, tome IX, page 304, nous avons traité de la *force élastique* de la vapeur d'eau ; l'application qu'on fait de cette force aux machines est d'une si haute importance, qu'il est indispensable de revenir sur ce sujet, et d'y ajouter les développemens convenables. Nous avons donné en cet endroit une table de ces tensions à différentes températures ; les travaux récents de la commission choisie par l'Académie des Sciences, que M. Dulong a si puissamment aidée, et dont il a été le rapporteur (1), contiennent des détails du plus haut intérêt. Nous n'analyserons pas ce travail, qu'il faut lire en entier pour en comprendre toute la portée ; mais nous en extrairons quelques résultats utiles aux arts, et particulièrement applicables aux machines à vapeur.

Tant que la vapeur d'eau ne s'élève pas au dessus de 100 degrés, elle ne produit qu'une pression qui ne dépasse pas celle de l'atmosphère, et est peu utile à la mécanique. Ce n'est donc qu'à une température supérieure qu'on l'emploie, et il convient de donner à la table citée plus de précision aux résultats, afin d'en bien apprécier la grandeur. Nous réformerons donc les nombres de cette table, à partir de 100 degrés centigrades, d'après le travail de M. Dulong. La première colonne de la table suivante donne la température en degrés du thermomètre centigrade ; la deuxième, la force élastique de la vapeur exprimée en millimètres de mercure ; la troisième, le poids en kilogrammes dont est chargé chaque centimètre carré de surface sous cette pression, poids qui est la force dont la tension de la vapeur est capable, et qui est l'élément essentiel de son emploi dans les machines ; la quatrième est le poids en kilogrammes sur un pouce carré ; la cinquième, le nombre de pressions atmosphériques correspondantes, dont chacune est mesurée par une colonne de mercure de 760 millimètres.

(1) Rapport à l'Académie des Sciences, le 30 novembre 1829, *Annales de Chimie*, janvier 1830, T. XLIII, p. 74.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Table des forces élastiques de la vapeur à hautes pressions.

Température.	Pressions.	Poids sur un centi. car.	Poids sur 1 pou. carré.	Atmosphères.
o	mm.	k	kil.	
100,00	760	1,033.....	.... 7 566.....	 1
112,40	1140	1,549.....	.... 11,349.....	.... 1 1/2
121,55	1520	2,065.....	.... 15,132.....	 2
128,85	1900	2,581.....	.... 18,915.....	.... 2 1/2
135,00	2280	3,098.....	.... 22,698.....	 3
140,35	2660	3,614.....	.... 26,481.....	.... 3 1/2
144,95	3040	4,130.....	.... 30,264.....	 4
149,15	3420	4,646.....	.... 34,049.....	.... 4 1/2
153,30	3890	5,162.....	.... 37,830.....	 5
156,70	4180	5,679.....	.... 41,613.....	.... 5 1/2
160,00	4560	6,195.....	.... 45,396.....	 6
163,25	4940	6,711.....	.... 49,179.....	.... 6 1/2
166,42	5320	7,228.....	.... 52,962.....	 7
172,13	6080	8,260.....	.... 60,528.....	 8
177,40	6840	9,293.....	.... 68,094.....	 9
182,00	7600	10,325.....	.... 75,660.....	 10

On voit, par exemple, dans cette table, que, pour obtenir une action de la vapeur équivalente à 4 atmosphères, il faut élever la vapeur d'eau à 145°, 95 centigrades ; que cette tension est capable de soutenir la colonne de mercure du baromètre à 3040 millimètres d'élévation dans le tube barométrique (*Voyez* MANOMÈTRE) ; que la chaudière, les parois des vases qui contiennent cette vapeur, les soupapes de sûreté, les pistons des pompes, etc., sont chargés d'un poids de 4,13 kilogrammes sur chaque centimètre carré, ou de 30 kilogr., 264 sur chaque pouce carré de surface ; et enfin que l'eau ne peut entrer en ébullition dans cette chaudière que lorsqu'elle a atteint à peu près 145 degrés de température.

Les physiciens se sont beaucoup occupés de chercher une formule qui reproduisît tous les nombres de cette table et pût en tenir lieu. Celle de M. Dulong, déduite d'une manière empirique des résultats de l'expérience, est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$e = (1 + 0{,}007153.\,T)^5,$$

ou
$$T = 139{,}80\,(\sqrt[5]{e} - 1).$$

e désigne la force élastique de la vapeur exprimée en atmosphères, ou représentée par une colonne de mercure de 76 centimètres pour chaque unité ; T est l'excès de la température centigrade sur 100 degrés ; les poids sur un centimètre carré et sur un pouce carré s'en déduisent, en considérant que ces poids sont 1^{kil}, 033 et 7^{kil}, 750, pour un atmosphère, le pouce carré étant égal à 7,327822 centimètres carrés. Ainsi, en appliquant cette formule aux cas de

$e =$	8 atmos. on a	$T = 72°,1$	tempér. $= 172°1$
$e =$	10....	$T = 81, 6$.....	181, 6
$e =$	12.....	$T = 90, 0$.....	190, 0
$e =$	24.....	$T = 124,2$.	224, 2
$e =$	50.....	$T = 165,89$.	265, 89

On a log. $0{,}007153 = \overline{3},8544882$, log. $139{,}80 = 2{,}1455118$.

MM. Coriolis et Tredgold ont aussi donné des équations qu'on peut ramener à la même forme que celle de M. Dulong, et qui n'en diffèrent que par les valeurs des coefficiens ; et ces nombres, qu'on regarde comme constans pour toutes les expériences, ne doivent cependant pas l'être. La formule de M. Dulong ne représente pas les résultats avec exactitude, quand la température s'abaisse, et dès 115° elle conduit à quelques valeurs fautives. Le coefficient 0,007153 doit décroître à mesure qu'on approche de zéro degré. Le docteur Ure, M. Southern, Creighton, ont aussi trouvé des formules qui représentent plus ou moins imparfaitement la force expansive de la vapeur : ce sont des détails dans lesquels il ne nous est pas utile d'entrer ici ; il nous suffit de nous arrêter aux expressions les plus exactes et les plus faciles à appliquer.

M. Roche a donné une relation très simple, et qui s'accorde assez bien avec toutes les expériences connues. En désignant par t la température centigrade comptée de la glace fondante, par h la hauteur de la colonne de mercure, en millimètres, cor-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

respondante à la tension de la vapeur ; par e le nombre d'atmosphères qui représente cette pression ; on a

$$\log. h = 7{,}96481359 - \frac{50\,84}{700 + 5t}, \quad \log. e = 5{,}004 - \frac{50\,84}{700 + 3t}.$$

Jusqu'ici aucune formule n'a réussi à représenter les faits avec exactitude, M. Biot en promet une qui remplit cette condition.

Maintenant qu'on connaît la puissance mécanique de la vapeur, il est facile de l'appliquer aux machines, et d'en calculer les effets, comme nous le dirons plus loin.

Nous avons vu, tome IX, page 306, qu'un kilogramme de charbon ou de houille (ou 2 kilogrammes de bois), suffit, par sa combustion, pour réduire en vapeur 10,85 litres ou kilogrammes d'eau à zéro. Ce résultat, donné par des expériences de laboratoire, ne peut être rigoureusement appliqué en grand, à cause des pertes indispensables ; et même, dans la pratique, il ne faut compter que sur 5 à 6 litres d'eau réduite en vapeur pour un kilog. de houille. Il résulte d'expériences précises qu'un kilogr. de charbon produit 7000 unités de chaleur ; multipliant par 560, on trouve 3920 pour la puissance motrice de 1 kilogr. de charbon : or il suit des résultats les plus avantageux qu'on ait obtenus en grand, qu'on n'a au plus que 195 unités ; ce n'est donc que le 20_e de la force motrice qu'on a pu utiliser, et même le plus souvent on perd beaucoup davantage.

La vaporisation se fait avec d'autant plus de rapidité que la surface chauffée a plus d'étendue : une surface en cuivre de 1 mètre carré, chauffée convenablement, peut convertir par heure 100 litres d'eau en vapeur, selon M. Pouillet ; mais on ne compte guère que sur moitié de cet effet, et même moins encore. Le maximum de charbon consumé par un soufflet de forge ordinaire est de 2,39 kil. par minute. *Voyez* CHAUDIÈRE.

Le poids 1 de vapeur d'eau à 100° peut liquéfier $8\frac{2}{3}$ de glace à zéro ; l'eau produite est aussi à zéro, et la chaleur latente de la vapeur a été employée à opérer la fusion.

L'eau en se vaporisant occupe un volume 1693,55 fois plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grand (à très peu près 1700 fois), à 100° et sous la pression de 760 millim. : ainsi un gramme de vapeur occupe 1,69355 litres et est produit par un centimètre cube d'eau à + 4 degrés.

Les vapeurs se dilatent selon la même loi que le gaz, c'est à dire de $\frac{5}{800}$, ou 0,00375 de leur volume à zéro, pour chaque degré centigrade. De zéro à 100 degrés le volume V devient 0,00375. V.

Le poids a d'eau réduite en vapeur à 100°, lorsque cette vapeur traverse un réservoir qui contient le poids P d'eau, en élève la température de t degrés centigrades ; on a $P\,t = 550\,a$. A et P sont rapportés à la même unité. Ainsi, quand le liquide est à zéro, le poids a de vapeur doit l'élever à 100°, et le faire bouillir lorsque la masse d'eau est $5{,}5\,a$.

Un kilogramme de vapeur d'eau, en se condensant, abandonne 550 degrés centigrades de chaleur, ou élève de 1 degré une masse d'eau de 550 kilogr. Cette vapeur fait fondre 8,66 kil. de glace. Chaque kilogr. de vapeur abandonne 550 degrés de chaleur pour se résoudre en eau à 100 degrés; puis enfin, après s'être refroidie de ces 100 degrés, le liquide perd encore 75 degrés pour se durcir en glace.

Dans un litre ou décimètre cube d'espace, saturé, et à la température t, le poids de la vapeur d'eau contenue est, en grammes, $= 0{,}85496 + \frac{f}{800 + 3t}$ f étant la force élastique de la vapeur à t degrés, telle que la donne notre table, page 36, ou tome IX, page 304, ou la formule ci-dessus exposée.

Si l'on désigne par D et D' les densités de la vapeur d'eau, la 1re à 100° et sous la pression de 760 mm, et la 2me à la température t et sous la pression p, on a cette relation (*voyez* la Physique de M. Pouillet, tome I, p. 335) :

$$D' = Dp.\frac{1{,}447368}{800 + 3t}, \quad \text{ou } Dp = 0{,}7055\ D'\ (800 + 3t).$$

En donnant à t la valeur de la température centigrade, et à p celle de la tension maximum qui y correspond (en millimètres), on tirera de cette équation la densité de la vapeur au maxi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mum de tension. On voit que les densités varient proportionnellement aux tensions.

Nous avons cru devoir exposer rapidement les propriétés physiques de la vapeur d'eau, sans reproduire les expériences qui les établissent, et qu'on trouve en divers lieux de cet ouvrage. (*V.* EBULLITION, EVAPORATION, GAZ, FLUIDES, EAU, etc.). Cette introduction était nécessaire pour l'intelligence des effets et de la construction des machines à vapeur.

Il arrive souvent dans ces machines qu'on n'admet la vapeur dans le cylindre que pendant une partie de la course du piston, qui s'achève ensuite en laissant la vapeur se détendre peu à peu, à mesure que le piston descend. Le calcul de la force d'impulsion se fait alors en supposant que le piston est poussé par une *pression moyenne* entre toutes celles qui ont été exercées entre le commencement et la fin de la course.

Pour donner une idée de la manière de faire ce calcul, nous citerons le passage de la patente de Watt, où il cherche la pression moyenne sur un piston, quand la vapeur n'est introduite que pendant le quart ou le tiers de sa course, et se détend selon la loi de Mariotte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

INTERCEPTION AU QUART DE LA COURSE.		INTERCEPTION AU TIERS DE LA COURSE.	
Marche du piston de 5 en 5 centièmes.	Pression.	Marche du piston d'un 24e.	Pression.
0,05....	... 1	1/24....	... 1
0,10....	... 1	2.....	... 1
0,15....	... 1	3.....	... 1
0,20....	... 1	4.....	... 1
Quart 0,25....	... 1	5.....	... 1
		6.....	... 1
0,30....	... 0,830	7.....	... 1
0,35....	... 0,714	Tiers 8.....	... 1
0,40....	... 0,625		
0,45....	... 0,556	9.....	... 0,889
Moitié 0,50....	... 0,500 ou 1/2	10.....	... 0,800
0,55....	... 0,454	11.....	... 0,727
0,60....	... 0,417	12.....	... 0,667
0,65....	... 0,385	13.....	... 0,615
0,70....	... 0,357	14.....	... 0,571
0,75....	... 0,333 ou 1/3	15.....	... 0,533
0,80....	... 0,312	16.....	... 0,500
0,85....	... 0,294	17.....	... 0,471
0,90....	... 0,278	18.....	... 0,444
0,95....	... 0,263	19.....	... 8,421
Fond 1,00....	... 0,250 ou 1/4	20.....	... 0,400
		21.....	... 0,381
Somme.....	...11,568	22.....	... 0,364
		23.....	... 0,348
Pression moyenne...	0,578	24.....	... 0,333
		Somme.....	...16,464
		Pression moyenne...	0,686

En divisant la somme, dans le premier cas, par 20, et dans le second, par 24, on trouve que, si l'on arrête l'émission de la vapeur de la chaudière au quart ou au tiers de la course, on peut supposer que la pression a été constante durant toute la course, et égale soit à 0,578, soit à 0,686 de la pression atmosphérique, pour chaque unité de pression de la vapeur de la chaudière.

Il résulte de là que la pression moyenne est plus de la moitié

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la pression primitive, et qu'en n'employant que le quart du volume de la vapeur, on produit un effet de plus de moitié : en interceptant la vapeur, au tiers, la force moyenne est o,686; enfin on trouve de même qu'elle est o,823 quand on intercepte à la moitié (1).

Mais la loi de Mariotte, sur laquelle cette table est fondée, n'est pas rigoureusement applicable; le fluide élastique se refroidit par cela seul qu'on lui fait occuper un plus grand espace, et même une partie peut se condenser par l'abaissement de température : d'ailleurs, il faudrait avoir égard à la force néces-

(1) Soit divisée la course du piston en n parties égales; supposons qu'on interrompe l'entrée à la vapeur quand le piston a parcouru n' de ces parties, ensorte que $\frac{n'}{n}$ soit $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, etc., selon les diverses valeurs de n' et de n. Pendant les n' premiers pas du piston, les pressions sont toujours p, ce qui fait $n'p$ pour la somme. Dans les pas suivans, qui répondent aux divisions $n'+1, n'+2, n'+3, \ldots$ les pressions s'affaiblissent et deviennent consécutivement $\frac{n'p}{n'+1}$, $\frac{n'p}{n'+2}$, etc.; car la loi de Mariotte donne les proportions $n'+1 : n' :: p : x'$, $n'+2 : n' :: p : x''$, etc. Ainsi, la somme de ces pressions successives pendant les n pas de course est

$$n'p + \frac{n'p}{n'+1} + \frac{n'p}{n'+2} + \ldots + \frac{n'p}{n}$$

Divisant par n, il vient pour la

$$\textit{pression moyenne} = \frac{n'p}{n}\left(1 + \frac{1}{n'+1} + \frac{1}{n'+2} + \frac{1}{n'+3} \ldots + \frac{1}{n}\right)$$

Par exemple, quand on laisse entrer la vapeur jusqu'au milieu de la course, ainsi qu'on le fait ordinairement, et qu'on divise la longueur par 10, on a $n'=5$, $n=10$, et la pression moyenne $= \frac{1}{2}p\left(1 + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{10}\right) = p \times 0{,}823$.

Pour une force de 4 atmosphères, cette pression moyenne est de 3,292, c'est-à-dire qu'on admet que la pression de la vapeur est constante pendant toute la course, mais qu'elle n'est que de 3,292 au lieu de 4 atmosphères. La différence est peu considérable, quoiqu'on économise la moitié de la vapeur à chaque coup de piston. Pour plus de précision, il convient de diviser la course en un grand nombre de parties, ce qui conduit à la formule donnée plus bas dans le texte : le calcul du reste est facile.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

saire pour expulser la vapeur qui reste après la condensation, et qui est en quantité d'autant plus grande que l'extension du volume a été portée plus loin. Cependant le procédé de Watt est celui qu'on emploie ordinairement dans les calculs, parce qu'il est très facile, et donne une approximation satisfaisante.

Les mécaniciens qui ont examiné ce sujet, ont exprimé par analyse les conditions de la question; nous ne pouvons donner ici que le résultat de leurs recherches, qu'on n'obtient que par des calculs trop élevés pour trouver place ici. MM. Navier, Coriolis, Prony, se sont accordés sur ce point, et on peut exprimer, selon ces savans, la pression moyenne due à la détente par la formule

$$q = \frac{a}{k}(1 + 2{,}303 \log. h) - a'$$

q est la pression moyenne due à la vapeur qui arrive librement de la chaudière sous la tension a, l'une et l'autre exprimées en atmosphères (pression d'une colonne de 75 centimètres de mercure); a est la pression qui, par l'effet d'une condensation imparfaite, ou la perte de vapeur dans l'air, ou toute autre cause, s'exerce sur la base opposée du piston; enfin, on suppose que la vapeur arrive librement de la chaudière jusqu'à ce que le piston ait parcouru la k^e partie de la longueur du cylindre, et se détend dans le reste. Pour une détente au quart, au tiers ou à moitié, on trouve, par exemple, que la pression moyenne est respectivement 0,594, 0,699 et 0,846. *Voyez* les leçons de M. Navier, à l'École des Ponts et Chaussées; un opuscule de M. Prony sur ce sujet; le Traité des Machines de M. Coriolis, et un Mémoire de M. Dufour, Bibliothèque universelle, févr. 1827. FR.

VAPEUR (*Machine à*). L'immense utilité de la machine à vapeur, appelée aussi *pompe à feu*, la multitude des pièces qui la composent, les nombreuses modifications qu'on lui a fait subir, la diversité des effets qu'on lui a fait produire, l'importance, pour l'industrie, de savoir choisir celle de ces machines qu'on doit préférer pour la destination qu'on se propose, et plusieurs autres raisons d'un grand intérêt dans les arts, nous for-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ceraient à donner à cet article une étendue considérable, si les limites qui nous sont imposées par la nature de notre Dictionnaire ne nous obligeaient de nous circonscrire dans le cercle des idées les plus vulgaires. C'est dans un traité spécial sur les machines à vapeur qu'on doit considérer ce sujet avec les développemens qu'il exige, et nous devons nous borner à décrire seulement les appareils les plus usités, et à en calculer les effets. On ne doit donc pas s'attendre à trouver dans un ouvrage tel que le nôtre, déja très étendu, des détails qui exigeraient plusieurs volumes pour être exposés et discutés avec soin.

Et d'abord nous ne parlerons qu'accidentellement des CHAUDIÈRES, des VOLANTS, des SOUPAPES, des ROBINETS, des POMPES et autres appareils qui ont fait les sujets d'articles distincts, auxquels nous renverrons le lecteur, nous bornant, pour abréger, à présenter ces parties dans leur ensemble, et à exposer leurs principales fonctions dans les différentes machines à vapeur usitées dans les arts. Nous ne parlerons même pas de ceuxde ces appareils qui ont été abandonnés, à raison des défauts qu'on y a remarqués. Seulement, pour faciliter l'intelligence des perfectionnemens qu'on a successivement faits aux anciennes machines, nous en exposerons succinctement la forme et les fonctions.

Si l'on veut en croire la plupart des auteurs de la Grande-Bretagne, cette machine est anglaise, tant par son invention que par les divers perfectionnemens qu'elle a reçus. Cette opinion a été combattue avec succès, et désormais il n'est plus permis d'attribuer la découverte de la machine à vapeur au marquis de Worcester, et de citer les noms de Savery, Newcomen, Beighton, comme les seuls qui l'aient appliquée à la mécanique. M. Arago, dans la Connaissance des Temps de 1829, a traité cette question avec la supériorité de son talent, et a montré la vérité que les préventions anglaises cherchaient à obscurcir. Il a fait voir que Héron d'Alexandrie, 120 ans avant notre ère; Blasco de Garay, en 1543; Salomon de Caus, en 1615; et Branca, en 1629, avaient décrit les principaux effets de la vapeur, et imaginé des procédés pour l'employer comme force

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

motrice, tandis que le marquis de Worcester, en 1663, dans son livre *Century of inventions*, ne s'était expliqué à ce sujet que dans des termes obscurs et sans utilité pour la science et l'industrie. *V.* l'Histoire des Machines à vapeur par *Hachette*, en 1830.

Mais c'est principalement à Papin, en 1690 et 1695, qu'on doit la description la plus méthodique et la plus claire de la pompe à feu, connue aujourd'hui sous le nom de *machine atmosphérique*. On en trouve la preuve dans un mémoire qu'il a publié en Allemagne. *Voyez* les Actes de Leipsick, 1688, et août 1690. Ce savant fit même exécuter un petit appareil dont le corps de pompe n'avait que deux pouces et demi de diamètre et ne pesait pas 5 onces : à chaque oscillation du piston, il élevait 60 livres de toute la hauteur de la course du piston descendant, en condensant la vapeur qui se trouvait au dessous. Il avait même prévu qu'on pouvait tirer parti de la force du piston pour produire des effets mécaniques variés, en transformant en mouvement de rotation les alternations du piston ; tandis que Savery et le marquis de Worcester ne présentaient la vapeur que comme des moyens d'épuisement de l'eau. D'ailleurs, les machines de ces derniers étaient tellement dispendieuses qu'elles ont été abandonnées, du moins telles que leurs auteurs les avaient imaginées. Enfin Papin a conçu la possibilité de se servir de la vapeur pour la navigation.

M. Arago conclut de ces faits que 1° Papin a imaginé la première machine à vapeur à piston ; 2° Papin a vu le premier que la vapeur d'eau fournit un moyen simple de faire le vide rapidement dans la capacité d'un corps de pompe ; 3° il est le premier qui ait songé à combiner, dans une même machine à feu, l'action de la force élastique de la vapeur, avec la propriété dont cette vapeur jouit, et qu'il a signalée, de se condenser par refroidissement.

Quant à la machine de Savery, nous n'en dirons rien parce qu'elle est absolument abandonnée. Agissant par la vapeur élevée à 5 et 6 atmosphères sur la surface même de l'eau qu'elle pressait pour l'élever, il en résultait une immense déperdition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de vapeur par condensation, et une médiocre ascension de l'eau. De plus, la nécessité de refroidir la capacité qui recevait la vapeur, en y répandant au dehors de ce vase un jet d'eau froide, accroissait encore les pertes ; d'où résultait que cet appareil ne pouvait être en usage, comme le pensait l'auteur, pour l'épuisement des mines, et se bornait à distribuer l'eau dans les diverses parties des maisons de plaisance, des parcs et des jardins; encore le procédé n'était-il praticable que quand on ne devait élever ce liquide que d'une quarantaine de pieds, effet qu'on n'obtenait qu'à grands frais. Du reste, la machine de Savery est réellement la première qui ait été exécutée en grand, et ait fait servir la vapeur à l'ascension de l'eau.

Machine atmosphérique de Newcomen.

Deux simples ouvriers, Newcomen et Cawley, s'associèrent ensemble à Darmouth, et conduisirent une pompe à feu qui a rendu de grands services pour les épuisemens des mines, et qui est même encore employée à cet usage dans les lieux où la houille est à bon compte. Cette machine, qu'on a long-temps vu fonctionner à Chaillot, où elle avait été établie par les frères Périer, est la première dont on ait tiré un parti avantageux. Nous ne pouvons nous dispenser de la décrire, d'autant plus qu'elle présente l'action de la vapeur dans un tel état de simplicité, que rien n'est plus facile à concevoir, et que cette description nous servira d'introduction pour l'étude des autres machines à feu.

Du reste, la machine de Newcomen n'est évidemment que l'exécution de celle que Papin avait inventée et décrite, et dont, par conséquent, ce savant Français doit avoir tout le mérite, quoiqu'il ne l'ait pas mise en œuvre et fait fonctionner en grand. Le refroidissement dont il se servait pour condenser la vapeur se faisait d'abord par un jet d'eau froide, qui mouillait le cylindre en dehors; mais depuis on a imaginé d'obtenir le même effet par un jet intérieur. C'est ce dernier état de choses que nous allons considérer dans cet appareil.

Nous savons qu'un piston qui entre hermétiquement dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre d'une pompe, lorsque le vide est fait en dessous, est pressé par dessus de tout le poids de l'atmosphère, et que cette force est d'un kilogramme à peu près, qu'on poserait sur chaque centimètre carré de sa surface. C'est sur cette propriété qu'est fondée la machine.

La fig. 1, pl. 65, des Arts mécaniques, représente la machine atmosphérique dans toute sa simplicité ; nous verrons plus tard les améliorations qu'on lui a fait subir. L V L est un balancier tournant autour de l'axe fixe U en son milieu ; chaque extrémité est façonnée en secteur circulaire, sur lequel s'applique une chaîne. Chacune de ces chaînes est attachée au bout de la tige d'un piston ; savoir, l'une *mm* qui est destinée à manœuvrer une pompe aspirante et à monter l'eau d'un puits ; l'autre, *a*, à mouvoir le piston P B de la machine à vapeur. On conçoit que si ce piston P est en haut du cylindre B *c*, et qu'on produise le vide exact en dessous, l'atmosphère pressera ce piston et le fera descendre, comme si l'on eût attaché à sa tige *a* un poids d'autant de kilogrammes que la section circulaire(1) du cylindre B P contient de centimètres carrés. Cette force fera donc basculer le levier L L ; la tige *mm* du piston de pompe montera, si la résistance à vaincre n'excède pas le poids dont on vient de parler, diminué des frottemens : ce sera donc un moyen d'élever l'eau du puits I.

La chaudière S *f* contient l'eau, qu'on réduit en vapeur par l'action du foyer A : on y remarque en *r s t* une SOUPAPE DE SURETÉ (*voyez* cet article). Cette chaudière communique par le tuyau *q* avec l'intérieur B P du cylindre vers sa partie inférieure lorsqu'on ouvre le robinet *q*; la vapeur s'élance alors sous le piston. On ferme ce robinet, puis on ouvre un second robinet *e* qui permet à l'eau froide contenue dans la bache *i* de jaillir dans le cylindre B P. Cette eau condense la vapeur ; le vide se produit donc. C'est alors que le piston P, pressé par l'atmosphère, descend au fond du cylindre ; tandis que l'eau du jet et

(1) Pour avoir la surface de cette section, évaluez son diamètre en centimètres, faites-en le carré, et multipliez par 0,7854, ou par $\frac{11}{14}$. *Voyez* CERCLE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celle qui provient de la condensation tombent dans la bache *h*. Le tube de descente plonge au fond de cette bache, et le liquide y fait fonction de soupape pour empêcher l'air de s'y introduire.

Dès que le piston est arrivé au fond du cylindre, on ferme le robinet *e*, puis on ouvre le robinet *q* : la vapeur, qui arrive sous le piston P, alors au bas de sa course, étant à la même tension que l'air atmosphérique, le piston a ses deux surfaces également pressées ; il resterait donc en repos, si on ne le faisait remonter à l'aide d'un contre poids *o* attaché à la tige *m*, pour vaincre les frottemens des deux pistons et du balancier. C'est, au reste, ce qu'on peut produire aussi en donnant à la vapeur de la chaudière une tension un peu supérieure à celle de l'atmosphère. On charge alors la soupape de sûreté *r s t* d'un poids d'un à deux hectogrammes par centimètre carré de sa surface, pour que la vapeur soit retenue, tant que sa tension ne dépasse pas cette force.

Maintenant que le piston est revenu en haut de sa course, on recommence la même manœuvre de robinets, c'est-à-dire qu'on ferme *q* et qu'on ouvre *e*, la vapeur se condense, le vide se produit, le piston P redescend, la tige *mm* remonte, et l'eau intérieure tombe dans la bache *h*. On ferme *e*, on ouvre *q* ; le piston remonte en faisant descendre la tige *mm*. Cet effet se continue indéfiniment.

Divers perfectionnemens ont été apportés à cette machine ; la fig. 2 montrera les principaux. La chaudière est en *k*, sur le foyer I. Comme il est important de connaître l'état du niveau de l'eau dans l'intérieur, on a deux *tubes jaugeurs* G, G′ fermés de robinets ; l'un de ces tubes plonge plus profondément que l'autre. Si en ouvrant le robinet G on ne voit sortir que de la vapeur, et que de l'eau quand G′ est ouvert, le niveau est entre les deux orifices inférieurs des tubes, et on reconnaît qu'il y a trop ou trop peu d'eau dans la chaudière, selon qu'on voit arriver l'eau par G, ou la vapeur par G′. L'ouvrier qui dirige la machine s'assure de temps à autre de l'état du niveau, pour l'amener au degré voulu. Nous dirons bientôt comment on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alimente la chaudière du liquide que l'évaporation lui enlève ; en un mot, il faut que le tube inférieur G' plonge par en bas dans l'eau, et que le supérieur G plonge dans la *chambre à vapeur*.

P F est le cylindre où le piston P est supposé en haut de sa course; la vapeur y arrive par le conduit S, en ouvrant le robinet H qu'on referme de suite. On ouvre alors le robinet Q, et l'eau froide, contenue dans la bache N, condense la vapeur; le piston P descend alors, fait tourner le balancier A B, et monte la tige D de la pompe d'épuisement Z. L'eau d'injection s'écoule, mêlée à celle de condensation, dans la bache L. On ferme le robinet Q, on ouvre H, et la vapeur rentre dans le cylindre, parce que le contre-poids D fait remonter le piston ; et ainsi de suite.

L'ouvrier qui préside à la manœuvre doit donc rouvrir le robinet H toutes les fois que le piston P est au bas du cylindre, mais après avoir fermé le robinet Q, pour arrêter le jet d'eau condensante, laquelle jaillit en petite gerbe par un ajutage très fin, il doit au contraire ouvrir le robinet Q, et fermer le robinet H aussitôt que le piston est remonté en haut de sa course. L'ouvrier doit aussi veiller à soutenir le feu de manière à conserver la vapeur au degré de tension voulue, sans le pousser au point où la vapeur soulèverait la soupape V, et irait se dissiper en pure perte dans l'air. Enfin, il doit s'assurer que le niveau de l'eau de la chaudière reste au même point, en essayant les robinets G et G', dont le supérieur ne doit donner que de la vapeur, et l'inférieur que de l'eau.

Quant à la manière dont la chaudière K, les baches N et L sont alimentées, un tuyau communique de L à K, et est fermé par le robinet T, qu'on ouvre pour faire descendre, lorsqu'on le trouve nécessaire, de l'eau dans la chaudière ; et cette eau provenant en partie de la condensation est déja chaude, ce qui en rend l'ébullition facile. Un autre tuyau communique avec la bache N, qui est alimentée par une petite pompe O attachée au même balancier A B. Enfin, quand on observe que la bache L se vide de manière à ne pas suffire à l'alimentation de la chaudière, on la remplit à l'aide d'un tuyau en siphon, qui va

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puiser dans une bache N l'eau qu'on y fait descendre par le robinet M.

Toutes ces fonctions exigent des soins et une attention extrêmes ; mais on peut les éviter, du moins en grande partie. Un ouvrier, nommé Potter, pour favoriser sa paresse, imagina d'attacher avec des ficelles la tige du piston avec les béquilles des robinets, de manière que cette tige faisait d'elle-même la fermeture et l'ouverture, avec même plus de précision que l'ouvrier le plus attentif. Cette invention a depuis été perfectionnée par Beighton, et nous y reviendrons. Actuellement on ne confie plus à personne le soin d'ouvrir et de fermer les robinets. Il en faut dire autant de l'alimentation de la chaudière et des baches, parce que toutes les consommations sont calculées d'avance, et qu'on sait quel est le poids d'eau et de vapeur dépensé dans un temps donné.

Lorsqu'on veut faire marcher cette machine, on allume le feu, et quand l'eau de la chaudière bout, comme le piston est en haut de sa course, on laisse entrer la vapeur dans le cylindre F. Cette vapeur échauffe d'abord la masse et se condense ; mais bientôt elle conserve son état, et se mêle à l'air contenu dans le cylindre : la vapeur et l'air échauffé, ayant une force plus grande que celle de l'atmosphère, soulèvent une soupape appelée *renflante*, à cause du bruit particulier que font entendre les gaz qui s'échappent. Dès que tout l'air est expulsé et le cylindre rempli de vapeur d'eau, la machine entre en fonction, ainsi qu'il a été expliqué.

Cette machine est très simple ; elle fonctionne à basse pression, et ne donne lieu à aucune rupture ni dégradation. Cependant elle n'est plus guère en usage, depuis que ces sortes d'appareils ont été si avantageusement perfectionnés. La pression d'un kilogramme par centimètre carré doit être réduite à environ moitié, tant à raison des frottemens que parce que l'eau chaude, résultant de la condensation dans le cylindre, n'étant pas soumise à la pression atmosphérique, produit une vapeur qui résiste à la descente du cylindre. On sait, en effet, que dans le vide l'eau bout à très basse température, et que par consé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quent le vide est toujours très imparfait dans le condenseur et sous le piston. Ainsi, pour calculer l'effet utile de cette machine, il faut prendre la moitié de l'aire de section du cylindre pour le nombre de kilogrammes qui abaissent le piston, en sorte que la force dépend de l'étendue de cette aire. Ensuite on multiplie par la course du piston en mètres, pour avoir le nombre de kilogrammes élevés à 1 mètre à chaque va-et-vient.

Machine à simple effet de Watt.

Les ingénieuses recherches de Watt se sont portées sur toutes les parties de la machine à vapeur; et, dans sa longue et utile carrière, il a élevé cet appareil à un tel degré de perfection qu'on peut, à juste titre, lui rapporter le principal mérite d'invention, et dire qu'il l'a fait fonctionner avec la précision d'un chronomètre. Ses machines marchent seules, sans autre secours que celui du chauffeur qui alimente le feu, et avec une régularité jusqu'à lui sans exemple ; et les artistes qui depuis ont voulu les améliorer n'ont pu avoir en vue que l'économie du combustible ou des dépenses d'établissement et de réparations. Cette machine est représentée Pl. 65, fig. 3 ; on a seulement donné aux parties une disposition convenable pour faciliter la démonstration.

Remarquant qu'un des défauts les plus frappans de la machine de Newcomen est de refroidir le cylindre par l'eau d'injection, ce qui entraînait la conséquence de le réchauffer à chaque oscillation par de la vapeur, aux dépens du combustible, Watt conçut l'heureuse idée de condenser dans un vase séparé, qu'il a appelé *condenseur*, et même d'envelopper le cylindre d'un corps mauvais conducteur, pour conserver la chaleur et maintenir la température au même degré que la vapeur de la chaudière.

Il est inutile de décrire toutes les pièces de la machine qui ressemblent à celle de Newcomen ; bornons-nous à celles que Watt a changées ou modifiées. C (fig. 3, Pl. 65) est le cylindre dans lequel se meut le piston P ; S, le conduit par lequel la vapeur arrive de la chaudière ; A T T', un tuyau qui sert à l'intro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

duction de la vapeur, et qui est pourvu de trois soupapes AHA', dont nous indiquerons bientôt l'usage ; D, le *condenseur*, vase séparé dans lequel se fait la condensation de la vapeur lorsqu'un jet d'eau froide est lancé par le tube E à pomme d'arrosoir. Ce vase est plongé dans un réservoir alimentaire d'eau froide M E, afin de le refroidir, et d'arrêter en partie la formation de la vapeur.

Pour comprendre le jeu des pièces, il faut remarquer que 1° la tige du piston P coule dans une boîte à étoupes B constamment graissée de suif et de cire ; cette boîte est vissée en haut du cylindre, de manière à intercepter toute communication avec l'air extérieur. C'est la pression de la vapeur même qui remplace celle de l'atmosphère, à laquelle elle est égale et même un peu supérieure. Watt a reconnu que l'accès de l'air refroidissait le cylindre quand le piston était au bas, et qu'il en résultait une perte de vapeur condensée qui coûtait du combustible : aussi doublait-il le cylindre C d'une enveloppe, et faisait-il arriver de la vapeur entre les deux cylindres pour maintenir la température intérieure.

2°. Lorsque la soupape A est ouverte, les soupapes inférieures H et A' sont fermées, et le piston est en haut de sa course, de manière que la vapeur arrive en dessus du piston, et le force à descendre, par la pression qu'elle exerce quand le vide est produit en dessous.

3°. Si la soupape A se ferme et que H s'ouvre, la vapeur arrive sur les deux faces du piston, et les presse avec la même force ; le piston est au bas de sa course, et la vapeur, qui ne peut plus venir de la chaudière, est répandue dans tout l'espace compris en dessus, en dessous du piston, et dans le tuyau T.

4°. Si la soupape H se ferme lorsque le piston est ramené en haut du cylindre, qui alors se trouve rempli de vapeur sous ce piston, et que la soupape A' se leve ; cette vapeur se précipite dans le condenseur D, où l'injection d'eau froide la résout en eau, et le vide et produit dans la capacité C du cylindre sous le piston. Par cette disposition, le cylindre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'est plus refroidi, ni par l'air ambiant, ni par le jet de condensation.

Il est maintenant facile de concevoir l'effet de la machine. Le piston P est en haut, et le vide existe au dessous; la vapeur arrivant au dessus par le conduit S, la soupape A se trouvant levée, presse de toute sa tension le piston, et le fait descendre comme faisait l'air atmosphérique dans la machine de Newcomen, c'est-à-dire avec une force d'un kilogramme par centimètre carré, qui est calculée pour enlever la colonne d'eau de la pompe d'épuisement R Z, et surmonter les autres résistances.

Le piston arrivé en bas de sa course, la soupape A se ferme, et H s'ouvre; la vapeur communique par le tube T sur les deux faces du piston, qui sont alors également pressées; il remonte par l'action du contre-poids R qui est réglé pour surmonter les frottemens. La vapeur est ainsi refoulée en haut, et arrive en totalité sous le piston par le tuyau T et l'orifice H. Cet orifice se ferme; la soupape A' se lève, et le jet d'eau froide E condense la vapeur qui se précipite dans le condenseur D. Ainsi, le vide a lieu sous le piston et dans tout l'espace T' D; puis la soupape A' se ferme, A se lève; la vapeur arrive de la chaudière en dessus du piston, et les effets se reproduisent dans le même ordre.

Comme l'eau de la chaudière contient de l'air qui se mêle à la vapeur et arrive au condenseur, cet air, aussi bien que l'eau de condensation, seraient un obstacle à la reproduction des effets, si on n'enlevait pas ces deux fluides. C'est ce qu'on fait par la *pompe à air* N Q, dont la tige est attachée en N au milieu du bras antérieur du balancier: cette pompe soutire l'air et l'eau du condenseur, en soulevant la soupape M, quand son piston monte, et donne issue à l'air quand il redescend, parce que cet air lève une soupape qui le garnit, et s'ouvre de bas en haut, ne permettant pas à l'air extérieur d'entrer sous le piston. Cette pompe chasse aussi l'eau qui va couler dans la bache B. Cette eau chaude est reportée dans la chaudière pour en réparer les pertes, à l'aide de la *pompe à eau chaude* O, dont la tige

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est attachée près du centre du balancier. Quant à la *pompe à eau froide* L, elle sert à alimenter le réservoir E, qui fournit l'injection.

Les trois soupapes AHA' sont manœuvrées par la tige N Q de la pompe à air ; des *taquets* fixés à cette tige au point précis qui est reconnu convenable, attaquent, chacun à l'instant nécessaire, la queue d'un levier G' H' I', ainsi que le robinet E d'injection ; de manière que chaque fonction s'exerce à son tour au moment voulu. Les trois soupapes inférieures ne s'ouvrent que quand la supérieure A est close, et réciproquement les premières sont fermées quand celle-ci est ouverte.

On avait remarqué que, vers la fin de la descente du piston, le mouvement était trop rapide, parce que la pression de la vapeur, s'exerçant continuellement, communiquait une vitesse accélérée : la marche lente, dans les premiers instans, allait toujours en croissant, jusqu'à ce qu'arrivé en bas, le piston se trouvait avoir acquis sa plus grande vitesse. Il en résultait une trépidation qui était une force perdue et destructive de la machine. Watt a rendu la vitesse uniforme en interrompant l'entrée de la vapeur, dès que le piston avait opéré les deux tiers ou la moitié de sa marche, ou même moins encore ; dans le reste de la course, la vapeur enfermée dans cet espace n'agissait plus qu'en se détendant. C'est ce qu'on a appelé *machine à détente de vapeur* : elle économise beaucoup les frais, et rend la marche du piston uniforme, parce qu'une fois mis en mouvement par deux tiers du volume de vapeur, la force expansive va ensuite en diminuant, à mesure que l'espace augmente.

Tels sont les procédés qui ont amené la machine à vapeur à ce degré de perfection qui a procuré à Watt une si grande illustration et une si belle fortune. Associé avec Boulton, riche capitaliste, il fit fabriquer de ces machines, et il n'exigeait d'autre paiement que le tiers de la somme dont elles procuraient l'économie sur les machines de Newcomen. Mais il ne se borna pas à obtenir des épuisemens, et par d'autres belles inventions, il appliqua la vapeur, par des transformations de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mouvemens, à donner à tout arbre tournant la vitesse et la force propres à animer les ateliers de tout genre, ainsi que nous le dirons bientôt.

Plus de 1200 mille francs furent d'abord mis dans cette entreprise avant qu'on en ait retiré le moindre bénéfice ; mais les faits parlèrent si haut, les avantages se présentèrent avec tant d'évidence, que les succès ne furent plus douteux.

Pour changer le mouvement alternatif du balancier en celui de rotation d'un arbre de couche, il suffira d'attacher à l'extrémité H (fig. 4) une forte bielle H I, saisissant en I l'extrémité du bras d'une manivelle K I. Les axes H et I des deux bouts de la bielle auront un ajustement propre à la rotation, et l'arbre de couche K sera armé d'un VOLANT, dont la masse sera combinée pour surmonter *le temps mort de la manivelle*. Quoique Washborough ait été breveté en Angleterre pour l'invention de ce mécanisme, il est bien constaté que c'est Watt qui l'avait imaginé le premier, et que, pour éviter les ennuis d'un procès, il avait préféré attendre l'expiration de ce brevet avant d'en pratiquer le mécanisme. Un autre appareil très ingénieux, mais moins bon, et aujourd'hui abandonné, lui en tint lieu dans l'intervalle. Nous ne décrirons pas ce dernier, qui n'a plus aucun intérêt.

La machine est dite à *simple effet*, comme celle de Newcomen, parce que la force ne s'exerce que quand le piston descend ; car, lorsqu'il remonte, il n'est pas possible d'employer ce mouvement comme puissance motrice. Il convient même d'évider le volant de manière que la partie la plus pesante de sa masse retombe pendant l'ascension du piston.

Quand on veut commencer à mettre la machine en mouvement, il faut ouvrir les trois soupapes AHA', pour échauffer tout l'appareil, le remplir de vapeur, venant par le conduit S de la chaudière bouillante, de manière à chasser une grande partie de l'air, comme il a déja été dit. Puis on condense la vapeur de D, après avoir fermé la soupape A, le piston étant en haut du cylindre. La machine entre en action, et les mouvemens alternatifs se continuent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machine à double effet de Watt.

L'appareil qu'on vient de décrire a tous les défauts des machines intermittentes, puisque la force motrice n'agit que lorsque le piston descend. De plus, le contre-poids R, qui relevait le piston, n'est remonté par la pression en dessus, qu'en absorbant une partie de la puissance; et si le frottement a été vaincu gratuitement dans un cas, il est doublé dans l'autre. La nécessité d'évider le volant pour que son poids fût plus fort pendant la partie de sa révolution où la force cesse d'agir, est encore un inconvénient, lorsqu'on destine la machine à produire un mouvement de rotation, parce qu'il importe que l'action soit uniforme. *V.* VOLANT.

Watt imagina de faire presser alternativement la vapeur en dessus et en dessous du piston, et par conséquent de condenser tour à tour celle qui arrive tant d'un côté que de l'autre; c'est ce qu'il a obtenu par une injection constante d'eau froide dans le condenseur. La fig. 1, Pl. 66, représente la machine à double effet.

Le conduit S, qui amène la vapeur de la chaudière, le cylindre C, le piston P, la boîte à étoupes B, dans laquelle glisse la tige du piston, le condenseur D, le tuyau E d'injection, la bache B′ à eau chaude, la pompe à air N Q, les pompes H′ et L à eau chaude et à eau froide, sont absolument de même que dans la machine à simple effet, et remplissent les mêmes fonctions. Mais le tube à soupapes a une toute autre disposition. Il y a deux soupapes A′ B′ en haut, et deux C′ D′ en bas. Quand le piston est en haut de sa course, A′ et D′ sont ouvertes : par A′ la vapeur passe au dessus du piston sans pouvoir aller au dessous, parce que la soupape B′ est fermée et s'oppose au passage ; tandis que la vapeur, qui remplit le cylindre C′ se précipite dans le condenseur par la soupape D′, sans pouvoir remonter, attendu que la soupape C′ est fermée : ainsi le piston n'est pressé qu'en dessus, et est forcé de descendre. Lorsqu'au contraire le piston est en bas du cylindre, les soupapes A′ et D′ se ferment ; B′ et C′ s'ouvrent : la vapeur qui remplit le cy-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lindre au dessus du piston, s'écoule par B' dans le condenseur, et d'autre vapeur arrive sous le cylindre par C' qui est ouverte. Le piston n'est donc plus pressé que par dessous, et doit remonter.

Ainsi, le piston est alternativement poussé par la vapeur de haut en bas, et de bas en haut, tandis que le vide est produit du côté opposé par la condensation de la vapeur qui a trouvé une fuite facile dans le condenseur, où l'injection est constante. On dépense, il est vrai, deux fois plus de vapeur, mais aussi la force motrice s'exerce tant en montant qu'en descendant; on fait double ouvrage. C'est comme si, pour accomplir une tâche, on y employait deux ouvriers au lieu d'un seul, sous la condition de les employer moitié moins de temps : il n'y a plus ici d'intermittence.

Mais on ne pouvait plus faire porter la tige du piston par une chaîne, parce qu'en remontant, la force motrice ne se serait plus transmise; on n'avait plus besoin de contre-poids pour remonter le piston; et comme dans ses alternations de mouvemens la tige du piston devait rester verticale, on ne pouvait pas la fixer au bout du balancier, qui, décrivant un arc de cercle, aurait penché cette tige tantôt à droite, tantôt à gauche.

C'est pour éviter cette difficulté que Watt a imaginé l'appareil que nous avons décrit à l'article PARALLÉLOGRAMME, et qu'on voit représenté fig. 1 en A B G E D. Les articulations des extrémités de ces cinq tiges sont faites par des boulons ou axes de rotation; l'extrémité D est attachée à quelque point solide et fixe; les tiges du piston et de la pompe à air sont attachées en G et E, en supposant A B = B C = G E, et A G = B E. Il en résulte que dans toutes les positions du balancier et les valeurs angulaires correspondantes des directions des barres AG, GE, EB, ED, la tige du piston et celle de la pompe à air sont toujours verticales, leurs vitesses étant moitié l'une de l'autre. (*Voy.* la Pl. 8, fig. 12 des *Arts de calcul.*)

La fig. 1, Pl. 66, montre comment la bielle H I est articulée au bout postérieur H du balancier, et au bras I de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manivelle I K ; comment elle imprime à un arbre de couche, dont K est la section, une vitesse de rotation que rend uniforme le volant massif V qui est solidaire avec lui (*V.* VOLANT), en restituant sa puissance dans les temps morts de la manivelle.

Mais pour que la rotation soit uniforme, il faut que l'émission de la vapeur soit constante, et que la résistance ne change pas. Si la vapeur arrive avec plus de force, le mouvement du piston devient plus rapide, et la vitesse de rotation de l'arbre et du volant est accrue ; le contraire arrive quand l'émission de la vapeur est diminuée. Quand la résistance à vaincre est augmentée, et que la vapeur arrive avec uniformité, la vitesse de rotation doit diminuer, comme elle augmentera si la résistance s'affaiblit. Ainsi, pour assurer l'uniformité du mouvement, il faut proportionner l'émission de la vapeur à la résistance, en sorte que la vapeur arrive au cylindre avec plus d'abondance lorsque la résistance éprouve la plus légère augmentation. C'est ce que Watt a obtenu de l'appareil Q Q N L N, que nous avons décrit à l'article RÉGULATEUR, et qu'on appelle aussi *modérateur*. (*V.* fig. 11, Pl. 52.)

On introduit dans le conduit qui va de la chaudière au cylindre une plaque circulaire et mince, semblable aux *clefs* de nos poëles. Quand cette plaque, qui pirouette sur son diamètre, se place transversalement et en diaphragme, elle bouche entièrement le passage à la vapeur, tandis que, dirigée dans le sens de l'axe du tuyau, elle ne l'arrête nullement. Cette plaque est mue par un levier, et elle s'oppose plus ou moins à l'affluence de la vapeur, selon la direction qu'elle reçoit dans le tuyau. Ainsi on peut mesurer, pour ainsi dire, la quantité de vapeur introduite dans le cylindre.

D'abord on confiait à un ouvrier le soin de tourner cette plaque plus ou moins, de manière à procurer une vitesse constante de rotation au volant ; mais, outre que ce moyen était très peu réglé, il exigeait l'emploi d'un homme intelligent. C'est à la machine même que Watt a donné cette fonction. La corde sans fin qui s'enroule sur la poulie M et sur l'arbre de couche K fait tourner la tige verticale L du régulateur, et les boules pesan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tes N N participent à cette rotation. Comme ces boules sont fixées au bout de leviers N O Q, qui ont leur axe en O, la force centrifuge les écarte plus ou moins de la tige L. Le tuyau R est abaissé ou élevé par cette action des leviers, et ce mouvement est transmis à la plaque T par le secours du levier V R, dont l'axe de rotation est en S'. Ainsi, quand le volant tourne trop vite, à l'instant les boules N N s'écartent, tirent en bas le levier R S', élèvent au contraire l'extrémité V, ce qui donne à la plaque une position qui modère la quantité de vapeur admise.

C'est en 1782 que Watt mit en pratique toutes ces belles inventions, dont les plus petits détails sont importans, et dont les accessoires mêmes sont tellement combinés, que l'appareil semble se suffire à lui-même, et communique la vie et le mouvement à toute espèce de manufacture, depuis la filature du fil le plus fin ou le tissage le plus délicat, jusqu'au transport des masses les plus lourdes et au travail le plus rebutant et le plus pénible.

Soupapes. Quoique nous ayons fait un article sur les soupapes, celles des machines à vapeur doivent être tellement appropriées à ce genre d'appareil, que nous devons revenir sur ce sujet, et en indiquer les formes et les fonctions.

Nous avons dit que les deux soupapes A' et D' s'ouvraient et se fermaient ensemble (fig. 1), et qu'il en fallait dire autant des soupapes B' et C'; mais que celles-là étaient ouvertes quand le piston était en haut de sa course et descendait, tandis que c'était le contraire pour les dernières, qui ne s'ouvraient que quand le piston était arrivé en bas du cylindre et remontait. Les fig. 5 et 6, Pl. 65, représentent ces deux états et le mécanisme qui les amène. Dans la fig. 5, les soupapes A et D sont levées et le piston en haut de sa course; la vapeur arrive de la chaudière sur le piston par le trou qui est au dessus de la soupape A, sans pouvoir passer par le trou B, parce que la soupape B est fermée. D'un autre côté, la vapeur qui est au dessous du piston passe par le trou D, qui est découvert, la soupape étant ouverte, et va se rendre au condenseur. Ainsi le vide est fait en dessous, la pression exercée en dessus, et le piston descend.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La tringle F qui lie ces soupapes les fait monter et descendre ensemble, lorsqu'un levier l'attaque, mis en jeu par un taquet fixé à la tige de la pompe à air.

Dès que le piston est suffisamment abaissé dans le cylindre, la tringle F, en s'abaissant, ferme les soupapes A et D; puis peu à près la tringle E, en s'élevant, ouvre les soupapes C et B, dès que le piston a atteint le bas du cylindre (fig. 6) : alors l'orifice C est béant pour laisser entrer la vapeur sous le piston, tandis que B est ouvert, pour que celle qui est au dessus puisse se rendre au condenseur. Bien entendu que des conduits vont de C à la chaudière et de B au condenseur, et que les tiges des deux soupapes B et D passent dans des tubes à travers les soupapes A et C. Le jeu s'y fait dans des boîtes à étoupes graissées, et elles joignent sans laisser d'issue à la vapeur. Souvent au lieu de faire mouvoir ces soupapes par la pompe à air, on fait attaquer leurs leviers par un excentrique sur l'axe de la roue de volant. Ces détails sont sans importance.

Les fig. 7 et 8 représentent le procédé de Murray pour produire le même effet; c'est ce qu'on appelle des *soupapes à tiroir*, qui n'exigent qu'un seul conduit pour la vapeur venant de la chaudière, et un seul pour la condensation. Quand le piston est en haut, on voit (fig. 7) que la vapeur arrive de la chaudière par l'orifice S, le tuyau A, et va au dessus du piston P; tandis que celle qui est au dessous et emplit le cylindre trouve à fuir au condenseur par l'orifice C et le chemin B. Alors un tiroir, placé dans la boîte à vapeur D E, se déplace, et prend la position représentée fig. 8. Le chemin de S à A se trouve fermé, et au contraire la vapeur qui remplit le cylindre au dessus du piston, peut fuir au condenseur par C; tandis que la vapeur venant par S, passe en B et va presser le cylindre en dessous. Ce tiroir qui ouvre ainsi la voie, tantôt en dessus, tantôt en dessous, est mu par un levier que fait agir l'excentrique mis en mouvement par le volant.

La soupape en DE', imaginée par Watt, est représentée fig. 9 et 10. Deux tampons solides A et B sont liés par une tige qui les fait monter et descendre ensemble dans le conduit D. Lors-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils ont la position fig. 9, la vapeur arrive de la chaudière par S, ne peut passer qu'en dessus du piston qui est en haut de sa course; et celle qui est au dessous et remplit le cylindre, trouve à fuir par IC pour gagner le condenseur, en se précipitant par le tuyau C; et quand la soupape a la position fig. 10, le piston est arrivé en bas du cylindre, et c'est au contraire le chemin I A qui fournit la voie à la vapeur de dessus le piston vers le condenseur C; tandis que celle de la chaudière afflue par S sous le piston par le chemin S B. La tige I, qui lie les deux tampons, est mise en mouvement par un levier, comme dans les cas précédens; ainsi l'effet est produit avec simplicité.

Les fig. 2 et 3, Pl. 66, représentent une modification de la soupape en *DE'*, dont on fait principalement usage dans les machines faibles : C est encore l'orifice du conduit au condenseur, et S celui par où arrive la vapeur. Les deux tampons A et B sont joints par une tige en forme de tuyau. Quand le piston est en haut du cylindre (fig. 2), la vapeur arrive de S et le presse en dessus, après avoir traversé le tuyau AB et passé en N; tandis que la vapeur qui est au dessous du piston fuit par l'orifice M qui vient d'être découvert, et passe en C, en circulant autour du tuyau AB. Et lorsque le piston est poussé ensuite en bas du cylindre, les tampons ont pris la position (fig. 3); la vapeur qui arrive de S ne peut plus aller en dessus du piston, parce que le tampon B bouche le passage; elle va presser le dessous du piston par M et le force à remonter, tandis que la vapeur qui remplit le cylindre passe par N pour se répandre autour du tuyau AB, et aller au condenseur par C.

Nous renvoyons à l'article Robinet la description d'un autre mécanisme de même genre qui est appelé *robinet à quatre fins*, qui avait été imaginé par Papin, et qu'on trouve figuré dans le *Theatrum machinarum* de Leupold. Des quarts de révolutions imprimés tour à tour à ce robinet changent la direction des conduits de la vapeur, qui se trouve dirigée tantôt en dessus ou en dessous du piston, en venant de la chaudière, tantôt lancée vers le condenseur. Au reste, ce procédé ingénieux est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peu usité dans les machines à basses pressions, parce que le passage laissé à la vapeur est en général trop étroit, et qu'on perd à chaque coup de piston une portion de vapeur sans utilité. Les robinets sont en outre sujets à s'user promptement, et exigent des réparations fréquentes : on ne s'en sert guère que dans les machines à haute pression, où les pertes de vapeur ont peu d'importance.

Chaudières. La capacité de la chaudière dépend de la quantité de vapeur qu'elle est destinée à fournir, calculée sur cette base que la vapeur à 100 degrés occupe un volume 1700 fois plus grand que le même poids d'eau ; mais, dans la pratique, on ne compte que 8 à 9 cents fois, à cause de l'air qui se mêle à l'eau. Nous avons traité aux articles VAPEUR, CHAUDIÈRE, CHAUFFAGE, des conditions d'établissement de ces appareils, tant sous le rapport de la matière dont on les fait, de leur *surface de chauffe* (on estime qu'un mètre carré peut réduire au moins 45 litres d'eau en vapeur par heure), la manière de les travailler; et nous dirons seulement ici qu'on évalue à $4\frac{1}{2}$ ou 5 kilogrammes de houille ou de charbon de bois la quantité de combustible brûlée, par force de cheval et par heure ; mais que, dans les machines à haute pression, dont nous parlerons plus loin, cette quantité est moindre et ne va qu'à 4 kilogrammes, et moins encore. On compte qu'un kilogramme de bonne houille produit 170 DYNAMIES, c'est-à-dire est capable d'élever 170 kilogrammes à 1 mètre ; mais généralement, on n'évalue cette force qu'à 140 kilogrammes. En général, la puissance mécanique de la houille est onze fois celle d'un poids égal d'eau réduite en vapeur à 100 degrés ; mais, dans la pratique, on ne compte que sur 5 ou 6 fois, au lieu de 11.

Un pied cube d'eau (ou 34 litres) réduite en vapeur, donne, par heure, la force d'un cheval.

Quant à la forme de la chaudière, elle a singulièrement varié ; tantôt hémisphérique ou en cylindre terminé par deux hémisphères, tantôt en dôme allongé, voûtée en dessous, etc. ; mais on paraît beaucoup préférer les *bouilleurs*, qui sont des cylindres parallèles communiquant ensemble, et entre lesquels

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la flamme circule. Dans tous les cas, il faut y ménager une porte par laquelle un homme puisse s'introduire pour la nettoyer et la réparer. On y pratique divers trous; savoir, les orifices de communication avec la SOUPAPE DE SURETÉ (sujet qu'on a traité ailleurs), avec le cylindre, avec le MANOMÈTRE (*V.* ce mot) qui fait connaître la tension de la vapeur, enfin avec les *tubes jaugeurs*, ou autres appareils qui servent à déterminer le niveau de l'eau dans la chaudière. Nous avons déja indiqué le jeu de ces tubes (fig. 2, Pl. 66) en traitant de la machine de Newcomen; mais il nous reste à parler de quelques inventions qui ont la même destination.

Flotteurs. F (fig. 4, Pl. 66) est un poids qu'on fait flotter sur l'eau de la chaudière, en le retenant en équilibre par un contre-poids A; F est suspendu à un fil de métal qui passe à frottement dans un petit trou de la paroi; et ce fil tient par une chaîne flexible au contre-poids A, en s'enroulant sur une poulie V. Deux chevilles PP′ sont fichées sur le limbe, en opposition diamétrale et parallèle à l'horizon; en sorte que, quand le flotteur F monte ou descend, la poulie tourne, et on voit cet effet par la position des deux chevilles. L'eau ne remplit la chaudière qu'à moitié dans l'état qu'on vient de décrire; s'il en arrive une plus grande quantité, le poids F se trouve plongé et perd de son poids. Il est donc forcé à monter par le poids A qui l'équilibre. Si, au contraire, le niveau de l'eau vient à s'abaisser, F devient plus lourd, parce qu'il n'entre pas aussi profondément dans l'eau, et il est forcé de descendre. Ainsi, la position relative des deux chevilles PP′ indique à l'inspecteur de la machine ce qu'il doit faire pour parer à l'inconvénient qui lui est manifesté.

Souvent on se contente d'un tube de verre T doublement coudé, comme on le voit fig. 5; le liquide y montre son niveau *i* dans la chaudière, puisque la vapeur presse également les deux surfaces.

L'appareil représenté fig. 6 a l'avantage de fonctionner de lui-même et de conserver le niveau constant, en maintenant la recette d'eau à l'égalité avec la dépense. La pompe à eau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaude amène ce liquide par un tuyau G' (fig. 1), dans une bache C; fig. 6 : au fond de cette bache est une petite soupape V qui ouvre et ferme un tuyau aboutissant dans la chaudière. Le flotteur F est mis en équilibre avec un poids A, à l'aide du levier EA, qui a son appui en D. Quand le niveau de la chaudière vient à baisser, le poids F, en descendant, monte le poids A, et la soupape V se lève; l'eau descend donc dans la chaudière, jusqu'à ce qu'elle y retrouve son premier niveau. Ce mouvement de la soupape V est donné par un triangle qui l'attache au levier. Ainsi il ne pourra jamais y avoir ni plus ni moins d'eau qu'il ne faut dans la chaudière, et le niveau sera constant, la chaudière se remplissant d'elle-même par de l'eau déja chaude, parce que cette eau provient de la condensation. Du reste, la bache C a un tuyau de décharge pour donner issue à l'eau surabondante, attendu que la pompe à eau chaude monte à la fois l'eau de condensation et celle du jet condenseur, et par conséquent fournit plus d'eau que la chaudière n'en dépense.

Registre. Comme la chaudière perdrait de la vapeur par la soupape de sûreté, si l'on en développait plus que la machine n'en consomme, parce que la tension s'accroîtrait sans cesse, on modère l'action du feu par un appareil très simple. Un tube vertical T (fig. 7) plonge presque au fond de la chaudière, et vient s'ouvrir au dehors; la tension de la vapeur, en pressant l'eau, la force à s'élever dans ce tube au niveau T. Un flotteur F est en équilibre avec un contre-poids D, lequel a la forme d'une plaque qui, par conséquent, monte et descend au gré des variations de la tension. Or, cette plaque se place dans le conduit par lequel s'échappe l'air brûlé, conduit qu'on fait ordinairement circuler une fois ou deux à travers l'eau de la chaudière, pour profiter d'une partie de la chaleur que cet air contient. En descendant, et interceptant ainsi une portion du conduit, la plaque diminue le tirage et modère l'action du foyer. On peut régler cet appareil de manière que la production de la vapeur soit proportionnée avec les besoins de la machine, car le défaut de tension fera descendre le niveau T et le flotteur F,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce qui fera remonter la plaque A, et rendra au tirage toute sa force.

Fourneaux. Nous ne dirons rien des Fourneaux de machines à vapeur, ce sujet ayant déjà été traité à son article. C'est par la même raison que nous n'avons rien à dire des formes des pistons. (*Voy.* Piston.)

D'après cette courte description de la machine à vapeur, le lecteur peut juger la nature et apprécier l'importance des inventions de Watt. On avait, jusqu'à lui, condensé la vapeur dans le cylindre même, en y injectant de l'eau froide; mais cette eau d'injection recevait du cylindre et lui enlevait une température élevée, d'où résultaient deux inconvéniens graves. Cette eau chaude se trouvant dans un espace très raréfié se convertissait en partie en vapeur qui résistait au piston, et diminuait la force de la machine; quand la vapeur venait à entrer dans le cylindre refroidi, une portion se convertissait en eau par son contact avec les parois qui étaient à une plus basse température que la vapeur. En condensant donc la vapeur dans le cylindre même, la résistance que le piston devait vaincre était augmentée par une reproduction partielle de vapeur élastique, et la puissance travaillante de la machine était affaiblie par une destruction partielle de la vapeur introduite. Watt a évité, en grande partie, cette double perte, en séparant le condenseur du cylindre et en l'entourant d'eau froide, puis en enveloppant le cylindre d'une *chemise* en bois, et mettant entre deux des cendres de bois, pour empêcher la chaleur de se dissiper dans l'air ambiant, ou par le moyen d'une boîte en fer, emplie de vapeur, qui entourait le cylindre.

Le plus grand des perfectionnemens de Watt consiste dans l'emploi de la vapeur, tant au dessous qu'en dessus du piston alternativement. Dans la machine de Newcomen, elle n'exerçait aucune puissance; il ne l'employait proprement que pour la détruire et former le vide sous le piston, qui était ensuite poussé par la pression de l'atmosphère, et relevé par un contre-poids à l'autre bout du balancier. Le cylindre était ouvert en dessus à l'air extérieur, qui y affluait à chaque des-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cente du piston. Une portion considérable de chaleur était donc enlevée, et il fallait dépenser une quantité considérable de vapeur pour réparer cette perte. Dans la machine de Watt, au contraire, l'air extérieur est exclu par la boîte à étoupes, en haut du cylindre, laquelle livre un passage, fermé à l'air, pour le jeu de la tige du piston; et c'est la force de la vapeur qui remplace celle de l'air pour faire tantôt descendre, tantôt remonter le piston.

Lorsque ces améliorations sont adoptées, il n'y a pas plus du quart de la vapeur employée à échauffer l'appareil, et par conséquent il est impossible que la machine puisse devenir d'un quart plus puissante qu'elle ne l'est actuellement, toutes choses égales d'ailleurs. Il serait cependant à désirer que la force du piston pût être immédiatement appliquée à l'appareil mécanique qu'on veut animer, sans l'intervention du grand balancier. Il est vrai que Watt a tenté de le faire, et a employé la tige même du piston pour mener une machine, et Cartwright a, dans une invention de ce genre, changé le mouvement vertical du piston en mouvement de rotation, par le secours de deux manivelles fixées à l'axe de deux roues égales qui travaillaient de chaque côté.

Mais ce procédé n'est pas devenu d'un usage avantageux, et Watt a toujours préféré l'emploi du balancier, qu'on fait en général en bois de chêne dur, avec le cœur en dehors, pour l'empêcher de plier. On dissipe une quantité considérable de force pour entraîner, à chaque coup de piston, une telle masse du repos au mouvement, et ensuite du mouvement au repos. Pour prévenir cette perte de force, divers ingénieurs se sont servi d'une légère charpente en bois, au lieu d'un grand balancier massif. Mais, après quelque temps de service, le bois était coupé par les verroux de fer, et la charpente même était souvent instantanément détruite. Dans quelques unes des dernières machines construites par Watt, le balancier est en fer fondu, et en ajoutant ainsi à sa durée, il en a diminué le poids et accru la force de la machine.

Nous terminerons cet exposé par citer une note de M. Cecile

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur la machine exécutée par M. Martin à Marly. La machine à vapeur qui remplace l'ancienne est à simple pression et à double effet : sa force est évaluée à 64 chevaux ; le mécanisme qu'elle fait mouvoir met en activité huit pompes foulantes et aspirantes, dont le jeu produit l'effet d'une manivelle à huit coudes égaux, et l'on obtient, par cette disposition, un jet continu, sans avoir besoin d'employer un récipient d'air. Les tuyaux d'embranchement adaptés à ces pompes se réunissent d'abord à une conduite unique, ascendante, de 27 centimètres de diamètre, qui se divisent ensuite en deux branches égales, de 19 centimètres de diamètre, lesquelles se prolongent jusqu'au sommet de la grande tour, en parcourant, sur une ligne droite, toute la pente de la montagne de Louveciennes, sur une longueur en pente de 1300^{m}, et sur une hauteur verticale de 162^{m}. Le terme moyen du produit de chaque jour, pendant les huit premiers mois de la mise en activité, a été de 76 *pouces*, chacun de 20 mètres cubes, ou de 1520 mètres cubes par 24 heures. On a consommé, dans le même temps, 7584 kilogrammes de houille, ou 316 kilogrammes par heure.

Ainsi, l'effet dynamique de cette grande machine est, par heure, de $63\frac{1}{5}$ mètres cubes d'eau, élevés à 162 mètres de hauteur, c'est-à-dire 10260 dynamies, chacune de 1000 kilogr. élevés à 1 mètre, ou de 41 fois les 250 unités, mesure de la force du *cheval de vapeur*. La machine de Marly a été construite pour une puissance de 64 de ces chevaux. La consommation de charbon est donc, par heure et par cheval, d'à peu près 5 kilogrammes de houille, comme dans les bonnes machines de Watt à double effet.

Machine sans balancier, ni parallélogramme de Maudslay.

Cet appareil, qui est ordinairement employé à la fabrication du chocolat, et dans toutes les fabriques qui n'exigent que peu de force, sert aussi dans beaucoup d'autres circonstances. C'est une machine à double effet, semblable à celle de Watt qui vient d'être décrite, mais qui en diffère par la manière dont la puis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sance est transmise au volant. Elle est représentée fig. 1 et 2, Pl. 67, des Arts Mécaniques.

La tige du piston est terminée en haut par une branche horizontale en forme de T ; les bouts de cette branche sont articulés avec deux bielles *b b*, qui montent et descendent avec le piston ; leur mouvement, et celui de la tige du piston, est dirigé par deux coulisses *c c*, le long desquelles glissent deux poulies. Ces bielles vont saisir en bas les bras des manivelles qui font tourner l'arbre et le volant ; elles ont donc, outre le mouvement haut et bas que leur imprime le piston, des excursions en avant et en arrière pour obéir à celles des manivelles. Un volant régularise les effets.

Le condenseur est placé au milieu du récipient à eau froide, et renferme la pompe à air et à eau chaude : ce sont trois cylindres concentriques, comme on les voit fig. 1. La bache *v* à niveau constant, contient la pompe destinée à alimenter la chaudière, et qui est foulante et aspirante alternativement. Il en faut dire autant de la pompe à eau froide placée dans un réservoir cylindrique, qui communique, par un tuyau horizontal inférieur, avec le récipient, lequel contient le condenseur.

Les pistons des trois pompes sont mus par un balancier en forme de fléau, par un excentrique *x*, placé entre les deux branches de la fourchette *f* ; cet excentrique, situé au milieu de la machine, est entre les deux manivelles. Il y a un parallélogramme ordinaire pour diriger la tige de la pompe à air.

Machines à double cylindre de Woolf et Hornblower.

L'idée du double cylindre appartient à Hornblower ; mais c'est à Woolf qu'on en doit la principale application, parce qu'il en a fait une machine à double effet. Décrivons d'abord la première. A et B (fig. 8, Pl. 66,) sont deux cylindres de même diamètre, mais dont l'un a une hauteur double de l'autre ; leurs pistons sont attachés au balancier à distances doubles du centre C de rotation, et font leurs excursions simultanément. Le tuyau K conduit du bas de l'un en haut de l'autre. Chaque cylindre a un tube latéral H M, destiné à établir la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

communication du haut avec le bas, lorsque les robinets ou soupapes I et N sont ouverts. Enfin, au bas du grand cylindre A est un tuyau P qui conduit la vapeur au condenseur quand le robinet O est ouvert. Comme le reste de la machine est semblable à celle de Watt, nous ne l'avons pas représenté.

Le tuyau F amène la vapeur de la chaudière ; cette vapeur presse le piston B en dessus. Admettons qu'en dessous il y ait de la vapeur, mais que le vide existe sous le piston A du grand cylindre, le piston B descendra ainsi que l'autre, parce que la vapeur pressera le piston A en dessus. Ainsi, la vapeur passera en dessus des deux pistons, qui descendront ensemble au bas de leurs cylindres, la soupape L étant ouverte, aussi bien que celle P du condenseur. Dans le premier instant, le piston B est également pressé sur ses deux bases ; mais, après une partie de la descente de A, comme la vapeur se détend et passe dans le grand cylindre, sa tension diminue, et celle de dessus B, étant plus puissante, parce qu'elle a une force égale à la vapeur de la chaudière, le piston B doit suivre l'autre dans sa marche descendante. Le piston A est pressé de moins en moins par un effet de la détente.

Voilà donc les deux pistons arrivés en bas de leurs cylindres, comme on l'a représenté, fig. 9 : que les soupapes G, L et O se ferment, et que I et N s'ouvrent. La chaudière n'envoie plus de vapeur, puisque G est fermé ; il n'en peut pas venir du condenseur, puisque O n'est pas ouvert ; d'ailleurs il n'y a plus aucune communication entre les deux cylindres, parce que L est fermé. Mais les soupapes I et N étant ouvertes, les bases de dessus et de dessous sont également pressées sur chaque piston, qui doit, par conséquent, rester en repos. Mais un contre-poids, comme dans les machines à simple effet de Watt, force le balancier à se relever, et les pistons sont ramenés en haut des cylindres, et la vapeur est poussée en entier sous les cylindres. Alors les soupapes I et N se ferment, les trois autres s'ouvrent (fig. 8), la condensation s'opère par le tuyau P, le vide se produit dans le grand cylindre, et l'effet se reproduit. On a trouvé que cette machine fonctionnait à peu près

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme celles de Watt à simple effet. Tel est l'appareil imaginé par Hornblower.

La machine de Voolf, qui est connue à Paris sous le nom d'Edwards, est représentée fig. 10 et 11, du moins en ce qu'elle a de différent de celle de Watt, à double effet. C et C′ sont des conduits qui communiquent à la chaudière ; les tuyaux F F′ vont au condenseur ; des tubes D D′ servent à conduire la vapeur du haut d'un cylindre au bas de l'autre. Que les robinets C, E, F, soient ouverts (fig. 10), et que C′, E′, F′ soient fermés, le vide existe sous le grand piston A ; la vapeur, qui est sous le petit, passant par D E en dessus, et pressant la base de A, fait descendre ce piston, lequel entraîne l'autre, qui n'est pressé en dessous que par de la vapeur détendue de plus en plus, tandis qu'en dessus celle de la chaudière est dans toute sa puissance.

Les deux pistons étant arrivés au bas de leurs cylindres (fig. 11), les robinets C, E, F se ferment ; C,′ E′, F′ s'ouvrent. La vapeur vient de la chaudière par C′ presser le piston B par dessous, plus qu'il ne l'est en dessus, parce que la vapeur du petit cylindre se détend en passant dans le grand, au dessous de son piston, par le tuyau D′. Cet effet résulte de ce que la vapeur qui est au dessus de celui-ci en A, se précipite par F′ dans le condenseur, et produit le vide dans cet espace A. Ainsi les deux pistons doivent remonter ensemble, et ainsi de suite.

Les fig. 10 et 11 supposent que les deux cylindres sont situés vers la même extrémité du balancier ; s'ils étaient disposés de côtés différens, on donnerait aux cylindres les formes représentées dans la fig. 12.

Les machines de Woolf travaillent à haute pression ($2\frac{1}{2}$ à 3 atmosphères et plus) ; elles sont à double effet et à détente. Au rapport de M. Farey, celles qu'on a établies dans le Cornouailles présentent une économie évidente de combustible, ce qui est d'ailleurs un avantage dû à la haute pression, comme nous le ferons remarquer.

Ce qui distingue essentiellement la machine de Woolf de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celles de Watt est l'usage des deux cylindres pour opérer la détente de la vapeur. L'idée d'employer cette détente est due à Watt, comme nous l'avons déja dit ; mais il avait eu un tout autre objet, celui de modérer la vitesse de la course du piston ; tandis que Woolf entendait économiser la vapeur, en profitant de sa force décroissante à mesure qu'elle se répandait dans un plus grand volume.

L'avantage de deux cylindres substitués à un seul est manifeste. Dans un seul cylindre, l'impulsion du piston est très variable dans l'étendue qu'il parcourt. Il faudrait que tous les agens de transmission du mouvement fussent d'une force suffisante pour résister à la première action, et parfaitement assemblés pour éviter des mouvemens brusques dont ils auraient beaucoup à souffrir, et qui les détruiraient promptement. Le balancier, les supports, la bielle, la manivelle, les premières roues dentées, ressentiraient l'inégalité d'impulsion d'une manière funeste. Le cylindre devrait avoir la force capable de supporter une pression élevée, et en outre la capacité nécessaire pour contenir la vapeur. Mais en se servant de deux cylindres successifs, il suffit de donner au premier de la force avec une capacité médiocre, et au dernier de grandes dimensions avec une force médiocre.

Du reste, on manque de bons modèles de machines à deux cylindres, où les dimensions relatives des parties soient dans un juste rapport, tandis qu'on en a d'excellens pour les machines de Watt, d'où résulte la préférence qu'on leur accorde assez généralement. Il faut ajouter que c'est toujours à Watt qu'on doit rapporter même les perfectionnemens ajoutés à sa machine à vapeur ; car, avant lui, qui aurait pu imaginer de faire fonctionner la vapeur à haute pression, et d'employer la détente, puisqu'il en a fait le premier un usage raisonné, et que jusqu'à lui, aucun appareil de ce genre n'était conçu de manière à permettre cette espèce d'innovation ?

Machines à haute pression.

Comme dans les machines que nous venons de décrire, la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

condensation est un élément indispensable, il faut employer un condenseur et une grande abondance d'eau froide. De là résulte la nécessité d'appareils pesans et de dimensions étendues. Dans cet état, on ne peut les faire servir à divers usages, et particulièrement à la locomotion ; car elles devraient dépenser leur puissance à se transporter elles-mêmes, ainsi que le charbon indispensable à la combustion, sans compter qu'elles occuperaient un espace trop considérable. Leupold d'abord, et ensuite Trevethick et Vivian, imaginèrent de perdre la vapeur dans l'air, pour n'être pas obligés de la condenser ; alors ils se passèrent du condenseur, de la bache à eau froide, de la pompe à air et de la pompe à eau froide. Leur machine se réduisit à la chaudière, au cylindre avec son piston et ses soupapes, et aux moyens de communication entre la force et la résistance à vaincre.

Il est vrai que pour perdre ainsi la vapeur, c'est-à-dire la chasser au dehors, il faut surmonter la pression atmosphérique. Par conséquent, on doit élever la tension à un degré supérieur à cette pression, dépenser, sans produit, la force d'une atmosphère, et ne disposer, comme force motrice, que de la pression excédante. Une machine de quatre atmosphères ne développe que trois atmosphères disponibles.

La plupart des machines à vapeur emploient la vapeur à une tension supérieure à celle de l'atmosphère ; mais on ne les dit pas pour cela, *à haute pression*. Pour qu'on les désigne sous ce titre, il faut qu'elles ne condensent pas la vapeur, et que par conséquent on consomme assez de combustible pour élever la tension à un degré qui permette de perdre une atmosphère, et que ce qui reste de tension suffise à l'effet qu'on veut produire. Ce n'est que cet excédant qu'on compte comme force de la machine. Mais malgré cette dépense, l'emploi de la haute pression a encore d'assez grands avantages pour qu'on ne regrette pas ce sacrifice.

On remarquera d'abord que la force de la vapeur (*v.* page 36) croît bien plus rapidement que la température. Ainsi, il suffit d'un petit nombre de degrés de plus pour que la tension de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur devienne double. Il est vrai, d'un autre côté, que pour obtenir cette faible élévation de température, il faut brûler du combustible en plus grande proportion que ne l'indique cette température. Mais, tout bien considéré, il y a encore de l'avantage, sous le rapport de la dépense en argent, à employer la vapeur à tension élevée, même en la perdant dans l'air. Les machines à haute pression ne brûlent guère que 4 kilogrammes de houille par force de cheval et par heure.

Et qu'on ne croie pas qu'il y ait plus de dangers d'explosion dans ce dernier cas que dans le premier. L'expérience prouve qu'en comptant le nombre d'accidens funestes causés par les machines, on peut en reprocher moins aux hautes pressions qu'aux basses. Cela résulte de ce qu'on prend des soins plus attentifs dans un cas que dans l'autre. C'est surtout à M. Perkins qu'on doit des expériences faites sur ce sujet, et qui ont ramené la sécurité parmi les personnes qui font usage des tensions de plusieurs atmosphères. D'ailleurs, les ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828, qui font loi à cet égard, imposent des conditions si précises qu'il n'est pas possible, lorsqu'on s'y est soumis, de conserver des craintes.

On fait d'abord subir aux chaudières de fonte, avec la PRESSE HYDRAULIQUE, une pression quintuple de celles qu'elles sont destinées à supporter, ou seulement une pression triple quand elles sont en cuivre laminé ou en tôle de fer. D'ailleurs la machine porte en dehors le poids de l'atmosphère, ce qui diminue la pression intérieure d'autant; en sorte que l'épreuve suppose que la tension que la vapeur doit habituellement supporter est diminuée d'une atmosphère. Les cylindres, les bouilleurs sont éprouvés de même. Des timbres apposés après ces épreuves indiquent la limite de force sous laquelle la machine doit travailler. Ainsi, celle qui porte le timbre 5 atmosphères, et peut travailler habituellement avec une tension de cette force, a eu pour terme d'épreuve 4, c'est-à-dire qu'on l'a soumise à une pression de 20 ou de 12 atmosphères, selon que la chaudière est en fonte ou en tôle. On règle en conséquence la soupape de sûreté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La formule qui donne l'épaisseur E de la tôle en millimètres pour résister à une tension de n atmosphères, est $E = 0{,}018\ D(n-1) + 3$, D étant le diamètre de la chaudière, exprimé en centimètres, que nous supposons cylindrique et terminée par des calottes hémisphériques, forme qu'on leur donne ordinairement, parce qu'elle convient mieux pour résister à l'effort. Une chaudière de 8 décimètres de diamètre intérieur, pour porter le timbre de 5 atmosphères, doit avoir pour épaisseur $E = 0{,}018 \times 80 \times 4 + 3 = 8{,}76$ millimètres.

Du reste, on ne donne jamais moins de 2 lignes, ou 4, 5 millimètres d'épaisseur aux chaudières à haute pression, ni plus de 6 lignes (14^{mm}), parce que le métal, dans ce dernier cas, s'altère beaucoup par l'action du feu. On est donc obligé de restreindre les diamètres le plus possible. Une chaudière timbrée à 8 atmosphères ne pourrait avoir qu'un diamètre compris entre 83 et 90 centimètres.

Quant aux tubes bouilleurs, qu'on appelle souvent *générateurs*, parce que, remplis d'eau et baignés dans les flammes, ils engendrent la vapeur avec activité, leur position, au milieu du foyer, oblige de leur donner une beaucoup plus grande épaisseur qu'aux chaudières, eu égard à leurs diamètres.

On adapte à la chaudière deux soupapes de sûreté dont l'une est seule à la disposition de l'ouvrier chauffeur; l'autre, recouverte d'une grille, est fermée à clef et hors de ses atteintes. On adapte, en outre, à la partie supérieure de la chaudière, deux rondelles d'un métal composé, qui est fusible à une température de quelques degrés supérieure à celle de la tension de la vapeur qu'indique le timbre (de 10 degrés centigrades pour celle qui a même diamètre que la soupape de sûreté, de 20 degrés pour celle qui a un diamètre double et est enfermée sous la grille). Ces rondelles sont timbrées après des essais. L'ordonnance de 1823 contient encore quelques dispositions sur l'étendue de l'enceinte occupée par la machine, et sur les localités. Elle a été rendue sur un rapport de l'Académie des Sciences. Des instructions du ministre prévoient les divers cas possibles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

V. les t. IX et XI des Annales des Mines, et le t. III de la deuxième série.

Les dangers d'explosion sont assurément une des causes les plus raisonnables de la répugnance que certaines personnes montrent pour employer la vapeur à haute pression comme force motrice. Mais en prenant les précautions que dicte la prudence, il n'y a plus rien à redouter. Ces précautions consistent à ne se servir que de matières solides et éprouvées, à soumettre les appareils à toutes les conditions de sûreté prescrites par les ordonnances, et enfin à s'assurer perpétuellement de l'état du niveau de l'eau dans la chaudière. C'est surtout ce dernier point qui est essentiel à considérer. M. Perkins a très bien expliqué que c'est à une trop faible quantité d'eau dans la chaudière qu'ont été dues les explosions terribles des bateaux à vapeur. Les flancs de ce vase de métal se trouvant exposés à nu à l'action du feu, prennent une température qui va jusqu'au rouge; et si les mouvemens du navire, ou quelque autre cause intérieure vient à projeter le fluide sur la paroi, il se développe une si prodigieuse quantité de gaz, que la soupape de sûreté n'a pas le temps de se soulever; les parois, déja affaiblies par la chaleur, sont instantanément pressées avec violence, et il en résulte un déchirement subit. Et d'ailleurs, quand la soupape se lèverait, la vapeur, en s'échappant, laisserait le fluide sous une moindre pression, et l'eau s'élancerait en écume sur les parois rougies; l'orifice ouvert de la soupape ne suffirait pas pour donner issue à cette grande abondance de vapeur, et la chaudière éclaterait.

Ce sujet a été traité par M. Arago avec une telle supériorité que nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur à l'Annuaire de 1829 et de 1830. On y trouvera l'historique complet des désastres produits par les explosions des machines, et l'explication des causes qui ont amené ce résultat funeste. C'est presque toujours l'incurie ou l'imprévoyance qui ont amené ces malheurs. Mais on n'en conclura pas moins que ces machines ont de si immenses avantages, et que la navigation en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

retire de si grands bienfaits, qu'on doit se borner à surveiller les machines à haute pression, mais qu'il ne faut jamais y renoncer. Condamnera-t-on les hommes à ne plus se servir de fusils, parce que des fous ou des imprudens ont compromis leur existence ou celle d'autrui en en faisant usage.

Nous donnerons, pour terminer ce sujet, la description de la machine à haute pression de Trevethick, représentée, fig. 3, Pl. 67. La chaudière est un gros cylindre A B; le feu est fait dans un fort tuyau cylindrique C D, qui est entré en entier dans l'eau de la chaudière, et lié par une bride au couvercle. Ce tuyau est coupé en deux parties par une grille, le foyer au dessus, le cendrier au dessous : il se prolonge en se coudant et revient le long de D E et sort dans la cheminée en E. La flamme se développe ainsi au milieu de l'eau pour lui communiquer une grande chaleur.

Le cylindre F de la machine à vapeur est en grande partie plongé dans l'eau de la chaudière : en haut est un ROBINET à quatre fins G, dont nous avons déja parlé, qui sert à faire entrer la vapeur sous le cylindre, ou à donner issue au dehors, selon sa position. Il y a un tube H qui conduit la vapeur perdue dans la cheminée. La tige du piston est terminée en haut par une branche perpendiculaire, ce qui lui donne la forme d'un T : les bouts des bras sont articulés avec deux bielles qui vont saisir de chaque côté les manivelles; il y a aussi des guides verticaux; le tout, comme il a été expliqué et figuré en traitant de la machine de Maudslay. Cette double manivelle fait tourner l'arbre de couche et le volant; ou bien on adapte à l'axe du volant une grande roue dentée, et par des engrenages, on transmet le mouvement aux parties de l'atelier qui l'exigent. Cette portion de la machine n'a pas été figurée, parce qu'on se la représentera aisément, et que d'ailleurs on peut la varier d'une infinité de manières, selon les conditions.

Dans l'état que représente la fig. 3, le piston est en haut de sa course, et le robinet à quatre fins est tourné de manière à conduire la vapeur de la chaudière au dessus du piston, tandis que celle qui est en dessous s'échappe par la cheminée. Ainsi,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le piston n'est pressé en dessous que par le poids de l'atmosphère, et il l'est par dessus par la vapeur, à une tension supérieure; il doit donc descendre, poussé par la différence de ces deux forces. Arrivé au bas du cylindre, le robinet change de position par un quart de tour (fig. 4), et la vapeur de la chaudière arrive au contraire par dessous, tandis que celle de dessus trouvant une libre issue, fuit dans la cheminée; ainsi le piston doit remonter. Le robinet est tourné par la machine même. La force que la machine développe est d'une atmosphère plus faible que la tension de la vapeur, moins les frottemens; ainsi cette tension doit être plus élevée que celle de l'air.

Nous ne dirons rien des soupapes de sûreté, des plaques fusibles, et autres parties qui sont communes à toutes les machines à vapeur. Et quant aux moyens de réparer les pertes d'eau de la chaudière, il est clair qu'on ne peut se contenter de l'y introduire par son seul poids, à cause de la tension intérieure. On l'y refoule par une pompe que la machine elle-même fait agir. Par économie, on fait passer cette eau dans un manchon qui enveloppe le tuyau H de sortie de la vapeur; celle-ci cède ainsi une partie de sa chaleur à l'eau d'alimentation.

Voitures à vapeur.

Quand la machine à vapeur est destinée au transport par terre, les manivelles communiquent le mouvement aux deux roues de devant de la voiture, sur lesquelles la machine est emportée. Le volant est alors inutile, parce que la masse mise en marche en tient lieu, et règle les mouvemens. Nous avons déja expliqué aux articles Chemin de Fer, Chariot, comment un *waggon*, portant la machine, tire ou pousse une suite de vingt à quarante chariots chargés, et mène tout l'équipage. Souvent on munit le waggon traîneur de deux machines, pour éviter les trop gros cylindres et les temps morts de la manivelle: la même chaudière les alimente l'une et l'autre. On a aussi employé ces voitures au transport rapide des voyageurs; ce n'est que sur les chemins de fer que les expériences ont jusqu'ici été satisfaisantes. L'art attend d'autres perfectionnemens pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appliquer la vapeur aux voyages sur les routes ferrées ou pavées. Mais ce sujet est étranger à celui qui nous occupe, et se rapporte à d'autres parties de la mécanique.

Comme dans les voitures à vapeur, la machine est obligée de se transporter elle-même, ainsi que l'eau et le combustible qu'elle consomme, on comprend qu'elle ne peut disposer que de la partie de puissance qui excède cette dépense de force. Il importe donc de diminuer autant qu'on peut le poids de la machine et la consommation d'eau, parce que ce sont des frais de transport en pure perte. C'est ce qui donne un grand intérêt aux belles expériences de M. Perkins sur les *générateurs* de vapeur et leur emploi. Cette partie de l'art n'a pas encore pris possession des ateliers, et nous n'en parlerons pas.

La première personne qui a eu l'idée de se servir de la vapeur pour mouvoir les voitures est le docteur Robison; mais ce procédé ne paraît pas avoir été mis en pratique avant 1802, que Trevethick et Vivian ont pris leur patente pour les machines à haute pression, dans le dessein exprès de traîner des voitures chargées. Ils exécutèrent une voiture à vapeur en 1804, et l'éprouvèrent sur le chemin de fer de Merthyr-Tidvil. Les tentatives cependant ne furent qu'expérimentales jusqu'en 1811, que Blinkinsop, propriétaire de mines de houille à Middleton, et qui fournissait à la consommation de la ville de Leeds, servit de ces sortes de voitures pour transporter le charbon sur ses chemins de fer. Le bouilleur de la machine de Blinkinsop était porté par quatre roues non dentées, et le mouvement était communiqué par une manivelle qui faisait tourner deux autres roues situées au milieu de la voiture, et ayant de fortes dents à la circonférence. Ces dents agissaient sur des rails dentés, et de la sorte, cette voiture, avec sa suite de 30 chariots chargés de charbon, était entraînée sur le chemin. Maintenant on ne se sert plus de rails dentés, ni de roues dentées.

En 1816, Losh et Stephenson de Newcastle prirent une patente pour des perfectionnemens aux voitures à vapeur. Nous avons représenté leur système, fig. 5 et 7, pour en donner une idée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Tredgold admet que le travail d'un cheval de roulage est de 5 kilomètres par heure, avec un tirage de 50 à 56 kilogrammes, et qu'il soutient ce travail 6 heures sur 24. Ce travail journalier revient à 1680 dynamies. On l'obtient, par la voiture de Trevethick, avec 41 kilogrammes de houille. On estime que la vitesse du cheval, sur un chemin de fer horizontal, étant de 5 kilomètres par heure, le poids qu'il peut traîner, en chargement, est de 8 tonnes (la tonne vaut 1000 kilogrammes), c'est-à-dire huit fois plus que sur un chemin pavé.

Une nouvelle communication entre Liverpool et Manchester est ouverte sur un chemin de fer ayant 55 kilomètres de développement (ou 13 lieues environ, 4 kilomètres valant une lieue de poste). Le chariot qui a remporté le prix qu'on avait proposé est celui de Stephenson, pesant 4150 kilogrammes. Avec une charge totale de 12 $\frac{1}{3}$ tonnes, ce chariot a parcouru 16,9 kilomètres à l'heure ; et portant 30 voyageurs, il fit 35,4 et jusqu'à 45 kilomètres par heure : il fut le seul qui ait fourni la course de 112 kilomètres sans interruption. Le service du transport sur le chemin de fer exigera 102 chariots de la même force que le précédent.

Les ingénieurs anglais estiment la force du cheval de vapeur à 273 dynamies par heure : chaque dynamie est de 1000 kilogrammes élevés à 1^{m}. La quantité de houille nécessaire pour produire cette force est de 6 $\frac{1}{4}$ kilogrammes, sans y comprendre le charbon qu'on brûle pour échauffer la chaudière avant la mise en train. M. Walker affirme qu'une machine de 10 chevaux peut transporter 13 tonnes avec la vitesse de 16 kilomètres (4 lieues) à l'heure. Or, la force d'un cheval de vapeur est capable d'élever 273 mille kilogrammes à 1^{m} ; divisant 273 par 16, on voit qu'il élève 17 kilogrammes à 16 kilomètres de hauteur. Mais ce cheval transporte effectivement 1300 kilogrammes à 16 kilomètres de distance en une heure ; donc, sur un chemin de fer, un tirage de 17 kilomètres met en mouvement un poids 76 fois plus grand avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bateaux à vapeur.

Les Anglais attribuent à Jonathan Hull, les Américains à Fulton, l'invention des bateaux à vapeur ; mais M. Arago a parfaitement établi, dans l'Annuaire déja cité, qu'en 1695, Papin avait clairement exprimé les moyens de navigation de cette espèce ; que ce n'est qu'en 1736 que J. Hull a pris sa patente pour des procédés reconnus impraticables, même pour remorquer les navires ; que Périer est le premier qui, en 1775, ait construit un bateau à vapeur ; que, trois ans après, le marquis de Jouffroy avait fait des essais sur une plus grande échelle, à Baume-les-Dames ; qu'en 1781, ce dernier avait établi réellement sur la Saône un grand bateau de ce genre ; que les essais faits, en Angleterre, par M. Miller en 1791, lord Stanhope en 1795, Symington en 1801, Livington et Fulton en 1803, à Paris, sont de beaucoup postérieurs.

Le procédé universellement adopté consiste à placer la machine à feu au centre du bateau ; deux roues à aubes saillantes sur les flancs sont mises en jeu par la machine, et frappent l'eau comme de larges rames, parce que le piston communique sa puissance à une manivelle qui fait tourner les aubes.

Pour donner au lecteur une idée générale de la construction d'un bateau à vapeur, nous avons représenté, fig. 1, Pl. 68, la *Cité d'Édimbourg*. V est une des roues à aubes, mue par la machine à vapeur qui est audedans ; la fig. 6, Pl. 67, est une coupe vaisseau à vapeur *le Royal George*, avec une élévation de la machine. Au bout des deux axes horizontaux A P, traversant le navire, sont fixées les roues à aubes, dont on voit l'une en V. La machine a deux cylindres placés dans les coffres à vapeur F F qui contiennent les soupapes, et par l'ascension et la descente alternative des tiges de leurs pistons B B, attachées aux manivelles C C, on communique un mouvement de rotation aux axes P P, et par conséquent aux aubes V de la roue. On voit en K K les manivelles qui font fonctionner les soupapes. La pompe à air E de la machine est mue par la manivelle D, qui reçoit son mouvement d'une branche intérieure H de chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manivelle. Les bouilleurs GG s'étendent sur toute la largeur du vaisseau. Les piliers *h h* portent le haut de la charpente *i i* et les autres parties de la machine; *l l* sont les flancs *tribord et bâbord*; le pont est *m m*; *k* est la cheminée.

Les avantages que peuvent procurer des perfectionnemens aux bateaux à vapeur ont inspiré diverses tentatives pour obtenir plus de force, ou moins de frais. Les inventeurs se sont principalement attachés à modifier ou à remplacer les roues à aubes, soit en leur substituant des pistons pour chasser l'eau, soit en repliant les aubes à charnière au bout des rayons qui les portent, afin qu'elles attaquent toujours l'eau verticalement, pour éviter une décomposition de force, etc.; mais ces modifications, bonnes en théorie, se sont toujours trouvées défectueuses dans la pratique. L'eau, et surtout celle de la mer, corrode bientôt les articulations, et met l'appareil hors de service. On a essayé d'appliquer la vapeur de la machine à un long axe armé de palettes en spirale; d'autres l'ont employée comme moyen d'impulsion d'un courant d'eau, ou de l'air sortant du milieu du bateau et agissant contre l'eau. Aucune de ces inventions n'a rempli le but qu'on en attendait.

On s'en est donc tenu aux changemens de la machine à vapeur, qui étaient de nature à économiser la force et le combustible. Nous citerons, à cet égard, les *machines à cylindres oscillans*, qui fonctionnent dans les remorqueurs du Hâvre. L'invention en est attribuée à Stevenson; l'habile M. Cavé les a établies et perfectionnées, et elles travaillent avec un grand succès. Le cylindre, au lieu d'être fixe et vertical, est monté sur deux forts tourillons, comme un canon sur son affût, et peut basculer sur des collets. L'axe du cylindre peut donc prendre diverses inclinaisons, et se balancer en avant et en arrière à chaque pulsation du piston, qui attaque directement, par sa tige, la manivelle qu'elle fait tourner. Il n'y a plus besoin de balancier ni de parallélogramme, la tige du piston se mettant toujours d'elle-même dans la direction la plus favorable avec le bras de la manivelle. La vapeur entre dans le cylindre, et en sort par des tuyaux qui percent les tourillons à leur cen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tre, et y sont ajustés de manière à ne pas laisser échapper la vapeur.

Cet appareil, qu'on peut d'ailleurs appliquer dans toute autre circonstance, est double dans les vaisseaux à vapeur, c'est-à-dire qu'il y a réellem ent deux machines recevant la vapeur de la même chaudière, et agissant successivement et à leur tour sur les manivelles ; l'une doit fonctionner quand l'autre cesse son action.

Les meilleures machines motrices de bateaux à vapeur fonctionnent sous une pression de 1 à 1 $\frac{1}{4}$ atmosphères, sans expansion, et consomment 5 kilogrammes de houille par heure et par force de cheval. *Le Sphinx,* bâtiment de la marine royale, est mu par deux machines de la force de 80 chevaux chaque, et sa consommation est aussi de 5 kilogrammes. Nous citons cet exemple, parce que ce bâtiment est un des meilleurs qu'on ait construits.

Voici un tableau donné par M. Marestier, qui peut être utile à consulter.

Dimensions des bateaux.	Port en tonneaux....	160	200	260	320	400	500
	Longueur sur le pont.	22,5 m	27 m	33 m	37,5 m	40,5 m	42 m
	Largeur.....	6,6	7,2	8,1	9,6	10,2	10,8
	Tirant d'eau.....	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,55
Nombre de chevaux de la machine..		20	30	40	60	80	100
Cylindre....	Diamètre en mètres..	0,60 m	0,75 m	0,90 m	1,00 m	1,10 m	1,20 m
	Hauteur.....	1,50	1,50	1,55	1,55	1,80	1,80
Chaudière...	Longueur en mètres..	4,80	6,00	6,00	6,60	6,60	7,20
	Largeur.....	2,40	2,55	2,70	3,00	3,15	3,60
	Hauteur.....	2,10	2,40	2,40	2,70	3,00	3,00
Diamètre des roues à aubes.....		4,80	5,10	5,40	5,40	5,70	6,00
Aubes.....	Longueur.....	1,50	1,65	1,80	1,80	2,10	2,10
	Hauteur.....	0,60	0,60	0,75	0,90	0,90	0,90
Poids de la machine en tonnes.....		20 t	25 t	30 t	35 t	40 t	45 t
Prix avec la chaudière en cuivre (en mille fr.).....		65	75	96	123	150	177

Beaucoup d'autres modifications ont été apportées aux détails de disposition et de construction des machines, non seulement pour la navigation, mais aussi pour les ateliers. Ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

serait sortir étrangement du plan de notre Dictionnaire que d'entreprendre de les énumérer ici. Ces sujets ne peuvent être convenablement traités que dans un ouvrage spécial ; il doit nous suffire d'avoir exposé la théorie des machines à vapeur, expliqué leur jeu et leur mécanisme, indiqué ceux de ces appareils qui sont plus ordinairement en usage, et fait remarquer les avantages et les inconvéniens propres à chacun.

On vient d'inventer en Amérique des bateaux de nouvelle forme dont la vitesse surpasse celle des bateaux employés en Europe. Ce sont deux doubles cônes opposés par leurs bases, et réunis ensemble par des barres transversales : la machine à vapeur est établie au milieu d'un pont fixé au dessus de ces cônes. On a aussi accouplé deux bateaux très allongés, réunis l'un à l'autre, et ayant leurs axes parallèles : entre eux, on laisse un intervalle où l'on place la roue à aubes ; deux machines la font tourner ; elles sont placées, à l'ordinaire, au milieu de chaque bateau. La théorie apprend que la résistance de l'eau croît comme le carré de la vitesse. Ainsi, pour qu'un navire marche deux fois plus vite, il faudrait lui appliquer une force quadruple; mais, en réalité, les choses sont loin de se passer ainsi. Il paraît que la vitesse d'impulsion donne à l'axe du navire une position inclinée ; que le bâtiment sort en partie de l'eau, et ne plongeant plus à une aussi grande profondeur, la résistance du fluide diminue beaucoup. On fabrique actuellement, chez M. Cavé, des *bateaux doubles ou américains* ; ils sont en tôle de fer, et on s'en promet les plus heureux résultats.

Calcul de la force d'une machine à vapeur.

Nous distinguerons ici deux cas, selon que la machine est actuellement en travail, et qu'on en demande la force, ou bien qu'avant de la construire, connaissant la force qu'elle doit avoir pour remplir sa destination, on veut lui donner les dimensions et la marche propres à produire l'effet qu'on en attend.

I. Soit D le diamètre du cylindre exprimé en centimètres, h la hauteur de sa course exprimée en mètres et fractions décima-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les, n le nombre de pulsations du piston par minute : ce nombre est ordinairement de 30 à 50 ; mais dans les machines à vapeur à double effet, il faut le doubler, c'est-à-dire compter l'allée et le retour, tandis que, dans celles à simple effet, on ne compte que l'un des deux.

$\frac{1}{4}\pi D^2$ est l'aire de la base du piston en centimètres carrés, et par conséquent le nombre de kilogrammes dont sa tige est chargée par une seule pression atmosphérique, et $\frac{1}{4}\pi D^2 h$ est le poids en kilogrammes élevé à un mètre de hauteur par une course de piston; enfin $\frac{1}{4}\pi D^2 h n$ le nombre K de kilogrammes ou litres d'eau élevés à un mètre par minute, savoir

$$K = 0{,}7854\, D^2 h n.$$

La force d'une machine à vapeur s'énonce ordinairement en prenant pour unité celle du Cheval (*v.* ce mot), et cette unité, qui est purement conventionnelle, est représentée par un poids de 4500 kilogrammes élevés à un mètre par minute ; de sorte qu'en divisant le nombre K par 4500, on aura la force de la machine exprimée en chevaux de vapeur. Nous répéterons ici que cette force est supérieure à celle des chevaux ordinaires ; qu'en supposant même qu'elle lui soit égale, on ne doit pas oublier que ces animaux ne peuvent travailler que 8 heures par jour, tandis que la machine peut fonctionner sans cesse, et qu'il y a même avantage à le faire pour ne pas laisser refroidir les fourneaux et l'appareil ; en sorte que chaque cheval de vapeur en représenterait un constamment attelé, et par conséquent tiendrait lieu de trois chevaux.

Nous avons admis, dans ce calcul, que la machine ne fonctionnait que sous la pression atmosphérique ; mais si la tension de la vapeur était, 2,3 4,5 atmosphères, il faudrait multiplier le résultat par 2,3, 4, 5.... Ainsi, on devra consulter le manomètre de la machine pour connaître la force élastique de la vapeur, et multiplier K par cette force, exprimée en prenant celle de l'atmosphère pour unité. Toutefois, il faudra retrancher une atmosphère quand la machine travaillera à vapeur perdue ; et pour les machines à condensation, on soustraira de la tension manométrique environ un quart d'atmosphère, pour tenir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

compte de la petite résistance sur la face opposée du piston, causée par la vapeur qui la repousse, provenant de l'imperfection du vide.

Ainsi, supposons que le cylindre d'une machine ait 41 centimètres de diamètre, et que le piston, de 1^m 3 de course, fasse 32 pulsations par minute, agissant à double effet, sous la pression de 3 atmosphères et un quart, avec condensation. On prend $D = 41^{cm}$, $h = 1^m,3$, $n = 64$;

41	2185,3	139 859,2
41	64	0,785 4
41	8741 2	55 9436 8
164	131118	699 2960
168 1^{cm} car.	139859,2	11188 736
1,3		97901 44
504 3	K =	109845,4156 8
1681		
2185,3		

Multipliant K par le nombre 3 des atmosphères de tension (en ôtant $\frac{1}{4}$ à cause du vide imparfait sur la base opposée du piston, ainsi qu'on l'a expliqué), on trouve que la machine élève 329536 kilogrammes ou litres d'eau à 1^m par minute, et divisant par 4500, on voit que sa force est de 73,23 chevaux. Mais comme le vide du condenseur n'est jamais parfait, que la vapeur se refroidit en entrant dans le cylindre, etc., on doit diminuer ce résultat d'un tiers environ, la machine n'est guère de la force utile que de 48 à 50 chevaux de vapeur.

Il faut remarquer que, presque toujours, on ne fait agir la vapeur qu'avec détente, parce qu'on y trouve de grands avantages. Dans ce cas, ce n'est pas la tension de la vapeur de la chaudière qu'il faut prendre pour facteur, mais la moyenne des tensions, depuis le haut jusqu'au bas de la course du piston. Supposons que la vapeur ne puisse entrer librement que jusqu'à la moitié de la course, et que le reste soit produit avec détente, on a vu, à l'article VAPEUR, qu'il faut alors remplacer la tension variable, par la pression moyenne 0,822 par chaque atmosphère. On ne doit donc réputer la pression que de trois

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fois $\frac{1}{4}$ ce nombre, ou 2,67, et même on devra diminuer ce résultat d'un quart d'atmosphère, à cause du vide imparfait, ce qui réduit ce nombre à 2,47; c'est la valeur actuelle du facteur de K. La force comprimante ne serait donc que de 27318 kil. élevés à 1m, ou 60 chevaux.

Au reste, lorsqu'on veut connaître la force d'une machine actuellement en exercice, le plus sûr est d'éprouver la puissance de l'arbre tournant, en se servant de moyens dynamométriques, et, en particulier, du frein de M. Prony. *V.* Frein.

II. Passons maintenant au cas où l'on veut établir une machine qui soit capable de produire une force donnée. On commencera par faire choix de l'espèce de machine qu'on préfère pour l'usage dont il s'agit; on déterminera le degré de tension de la vapeur sous lequel elle doit fonctionner, dans quelle étendue du cylindre on veut opérer la détente, etc. Toutes ces conditions, arbitraires en elles-mêmes, sont souvent plus ou moins fixées par des convenances particulières de localités, ou par des circonstances spéciales.

Cela fait, on doublera le nombre de chevaux demandés, afin de faire la part des frottemens, des pertes et des résistances; on multipliera par 4500, pour convertir la force des chevaux en kilogrammes élevés à un mètre de hauteur, et on divisera par le nombre d'atmosphères de tension qu'on veut donner à la vapeur (ou par la tension moyenne, dans le cas de détente). On aura ainsi le nombre de kilogrammes que la machine doit élever à 1 mètre de hauteur par minute. Ce sera la valeur de K; en sorte que, dans l'équation ci-dessus, $K = 0{,}7854\, D^2 h n$, le premier membre sera connu.

Il ne restera plus qu'à trouver les nombres D, h et n, qui satisfont à cette question; problème indéterminé, qui admet une multitude infinie de solutions. Par exemple, on pourra se donner deux de ces trois nombres à volonté, et résoudre l'équation par rapport au troisième. Bien entendu que les valeurs qu'on prendra pour ces deux arbitraires ne devront pas conduire à une valeur impraticable pour l'inconnue, c'est-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à-dire à faire mouvoir trop rapidement le piston, ou à lui donner une course trop longue (1), etc.

Le calcul des autres parties de la machine est facile à faire. En évaluant à 30 kil. par force de cheval et par heure le poids de l'eau réduite en vapeur nécessaire aux fonctions, on a $0^{k},5$ pour le poids d'eau par minute, et on en conclut la dépense de la chaudière à chaque coup de piston, ce qui en détermine le volume, parce qu'un mètre carré de surface de chauffe réduit 45 à 50 litres d'eau en vapeur, et que la chambre à vapeur n'est guère que le tiers ou la moitié de la capacité de la chaudière.

---

(1) La règle pratique que suivent les constructeurs de machines à vapeur consiste à donner 14 centimètres de diamètre au piston pour avoir la force d'un cheval, dans les machines à double effet et à condensation, sous une pression peu supérieure à celle de l'atmosphère : ils admettent que la vitesse du piston n'est que d'environ 1 mètre par seconde; mais dans les machines faibles, ils regardent cette vitesse comme un peu trop grande. Lorsqu'ils veulent construire des machines de la force de plusieurs chevaux, ils font croître la surface du piston de sorte que les carrés des diamètres soient comme 1 au nombre des chevaux, c'est-à-dire qu'*ils multiplient 14 par la racine carrée de ce nombre.* Ainsi pour une machine de

	cm		cm
2 chevaux, diam.	19,8	9 chevaux, diam.	42
3.....	24,2	10.....	44,3
4.....	28,0	12.....	48,5
5.....	31,3	16.....	56,0
6.....	34,3	20.....	62,6
7.....	37,0	25.....	70,0
8.....	39,6	etc.	

Pour énoncer les dimensions d'un piston, les constructeurs se servent d'une locution; c'est celle de *pouces circulaires*, ou cercle d'un pouce de diamètre. En faisant le carré du diamètre en pouces, on a le nombre de cercles d'un pouce contenu dans la surface. En effet, le cercle dont le diamètre est D a pour surface $S = \frac{1}{4}\pi D^2$; celle du cercle d'un pouce est $s = \frac{1}{4}\pi$, d'où $S = s D^2$, ce qui démontre la proposition. Ainsi, lorsqu'on dit qu'un piston a 144 pouces circulaires, cela signifie que 144 est le carré de son diamètre, ou que ce diamètre est de 12 pouces, ou que la surface équivaut 144 cercles d'un pouce de diamètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De là résulte ensuite l'épaisseur de la tôle, d'après les données ci-devant établies. Pour vaporiser 5 à 6 kil. d'eau, il faut brûler 1 kil. de houille, ce qui détermine l'étendue du foyer et du cendrier.

Pour condenser la vapeur, la pompe d'injection doit être proportionnée à sa quantité. En divisant $0^k,5$ par le nombre de courses du piston en une minute, on aura la quantité de vapeur à condenser par force de cheval. Supposons qu'il se passe 80 excursions, $0^k,00625$ sera le poids de la vapeur dépensée pour chacune, et dont il faut opérer la condensation pour chaque cheval; que la température de l'eau d'injection soit à 17 degrés centigrades, et celle de l'eau, après qu'elle est condensée, 32°, la perte est de 15°. Or, on sait que la vapeur perd 550° pour passer de l'état de gaz à celui de liquide, l'une et l'autre à 100°; faisons cette proposition : S'il faut 5,50 grammes d'eau pour liquéfier un gramme de vapeur à 100°, combien faut-il d'eau pour 15 degrés? savoir : 15° : $5^g,50$: : 100° : = 37^g; c'est-à-dire que, pour condenser 1 gramme de vapeur à 100°, il faut injecter 37 grammes d'eau à 17°. Ainsi, pour les $0^k,00625$ de vapeur à chaque course, on trouvera 0,23125 grammes à injecter par force de cheval. Les dimensions de la pompe d'injection devront être calculées pour satisfaire à cette condition.

Les volumes d'eau et d'air à soustraire du condenseur étant très variables, on force ordinairement les dimensions de la pompe à air.

Lorsqu'on veut comparer les effets de deux machines à vapeur, il suffira de calculer, par les procédés précédemment décrits, les forces de chacune exprimées par le nombre de kilogrammes élevés à 1 mètre dans le même temps, tel qu'une minute ou une heure. Mais ce qui est surtout important, c'est de comparer les dépenses aux forces produites. Voici comment on fera ce calcul :

Admettons qu'une machine à vapeur ait élevé 400000 kilogr. à 20 mètres de hauteur en 30 heures, ce qui fait 266666^k à 1^m par heure, et qu'on ait brûlé 10 kil. de houille, on voit qu'un kil. a produit près de 27 dynamies. En faisant le même calcul pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une autre machine, on verra de suite laquelle est la plus dispendieuse. On sait qu'un kilogramme de houille peut produire 140 dynamies; on voit donc que l'effet utile de la machine prise pour exemple n'est que le cinquième de la force que peut développer la vapeur d'eau.

Nous ne pourrions nous étendre plus longuement sur des détails de ce genre, auxquels le lecteur intelligent peut d'ailleurs facilement suppléer, en recourant aux données numériques de notre article, et à celles qui sont répandues en divers endroits de ce Dictionnaire, sans dépasser les limites réservées à ce sujet. FR.

VARANGUES (*Arts mécaniques*). Ce sont des chevrons de bois courbes, entés et rangés de distance en distance, à angles droits et de travers, entre la quille et la *carlingue* (on appelle ainsi la plus longue et la plus grosse pièce de bois du fond de cale). La carlingue se pose sur toutes les varangues, et sert à les lier à laquille; le pied du grand mât porte sur elle. FR.

VARECH (*Fucus*). On désigne sous ces noms des plantes marines de la famille des Algues, ou hydrophytes, renfermant un nombre considérable d'espèces dont les formes sont très diversifiées. En général, elles adhèrent aux rochers et autres corps sous-marins par un empâtement ou pédicule qui est quelquefois d'une longueur considérable, et permet aux frondes, c'est-à-dire à la partie plane, de venir flotter à la surface des eaux.

Certains varechs sont au contraire toujours nains, et leurs frondes, au lieu d'offrir une surface large, sont divisées en segmens tenus; d'autres ne forment que des filets fins ou des sortes de cordes pleines ou creuses.

Ce n'est pas seulement dans leurs formes que les fucus sont très variés; il en est de même de leur consistance et de leur couleur. Certains fucus se déchirent avec facilité, tandis que d'autres offrent beaucoup de tenacité dans leur texture. Leur couleur offre les différentes nuances de vert et de purpurin. Le nombre immense des plantes marines que les botanistes, depuis Linné, ont décrites sous le nom générique de *fucus*, a nécessité leur subdivision en plusieurs genres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut à cet égard consulter la collection des *Algues de Normandie* publiée par M. Chauvin de Caen.

Les varechs ne laissent pas que d'avoir une certaine importance dans leurs applications ; on emploie, dans plusieurs contrées du Nord, quelques uns d'entre eux, et spécialement les *fucus edulis*, *dulcis*, *saccharinus*, *esculentus* et *palmatus*, comme alimens, après les avoir fait bouillir dans l'eau. M. Vauquelin a constaté l'existence d'un principe sucré, analogue à la mannite, dans le fucus saccharinus et plusieurs autres espèces à frondes larges qui constituent le genre Laminaria.

Les cendres des varechs qui abondent sur les côtes maritimes contiennent une grande quantité de sels et une faible proportion de carbonate de soude. On extrait ces substances solubles par lixiviation et rapprochement; on nomme soude de varechs le résidu aggloméré en masses grisâtres de la combustion de ces végétaux; les sels extraits blancs et pulvérisés se nomment sels de soude de varech, ou soude de varech raffinée. On sait que c'est dans les eaux mères de la soude obtenue par l'incinération des fucus, que M. Courtois a découvert l'iode, corps simple métalloïde, dont quelques préparations sont usitées en médecine. *Voyez* les articles Iode, Sel marin et Soude.

L'abondance des varechs sur les côtes de l'Océan les a fait servir à l'engrais des terres. En Bretagne et en Normandie, les agriculteurs en font un grand usage; on en obtient le maximum d'effet, comme engrais organique et comme stimulant de la végétation, en les enterrant aussitôt après les avoir étendus sur le sol.

Quelquefois, afin de diminuer leur volume et les frais de transport, on les abandonne en tas à la désaggrégation spontanée; mais les gaz infects qui s'en exhalent alors accusent une grande déperdition des principes utiles. Certains cultivateurs préfèrent les abandonner sous les pieds des chevaux dans les chemins; d'autres enfin les mêlent avec des fumiers avant de les répandre.

Les varechs sont tellement recherchés dans ces parages, que des règlemens administratifs ont fixé l'époque de leur récolte. Elle n'est permise qu'entre les pleines lunes de mars et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'avril, c'est-à-dire après que les granules reproducteurs se sont répandus, et avant que le frai des poissons n'ait été déposé sur ces plantes.

On donne aussi aux bestiaux les fucus mêlés avec le fourrage, et l'on observe que leur saveur salée est agréable et avantageuse à ces animaux.

De même que la plupart des substances marines, ils jouissent réellement de propriétés vermifuges très prononcées. Le *fucus helminthocorton*, ainsi que d'autres petites espèces, sont fréquemment usités, et leur mélange forme ce qu'on nomme en pharmacie *mousse de Corse*.

Nous avons dit que certains *fucus* étaient employés comme alimens. Nous ajouterons que le *fucus corneus*, Turner (*Gelidium corneum*, Lamouroux), est une plante marine des mers de l'Inde, avec laquelle les hirondelles salanganes construisent leurs nids; ces nids sont des mets fort recherchés des Chinois et des autres peuples de l'Asie orientale.

La consistance et la tenacité de quelques *fucus* ont de l'analogie avec celles du caoutchouc. Les habitans de la Nouvelle-Hollande se servent des frondes d'une espèce de laminaire (*Laminaria* ou *fucus patatorum*, de Labillardière) pour former une sorte de vase dans lequel ils puisent l'eau. Ces vases sont presque aussi durs que de la corne ou du cuir bouilli.

L'analyse du *fucus vesiculosus* a été faite par plusieurs chimistes, mais elle a offert des résultats assez peu concordans; il est toutefois certain que les varechs, dont il se fait une énorme consommation pour les usages indiqués, contiennent une proportion notable de matière organique azotée, et que leurs cendres donnent divers sels, notamment du sulfate de potasse, des chlorures et iodures de sodium et de potassium, et une petite quantité de carbonate de soude: la présence de la matière azotée et d'autres corps organiques décomposables explique l'action des fucus comme engrais, et l'on voit que les sels précités rendent compte de leur effet stimulant. Ce sont aussi les mêmes sels qui donnent lieu au traitement des varechs incinérés, soit pour en obtenir la *soude de varech brute*, usitée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme fondant des verres communs, soit pour en extraire l'iode employée en médecine; la *soude raffinée*, qui peut servir dans la composition des verres à vitres ou même de la gobletterie; soit enfin pour retirer à part le sel marin (chlorure de sodium), usité dans l'économie domestique et divers arts industriels, et la sulfate de potasse propre à la fabrication de l'alun et du salpêtre.

Voir les mots IODE, SOUDES, SEL MARIN, VERRES, ALUN et SALPÊTRE. P.

VARLOPE (*Technologie*). Outil de MENUISIER, qui sert à unir et polir le bois en planche ou en longueur. Nous l'avons décrit dans cet article. On distingue la *grande* et la *petite varlope*; elles ne diffèrent entre elles que par leurs dimensions. Quelques ouvriers donnent le nom de *demi-varlope* à un outil construit comme la varlope, et qui n'en diffère que par le fer, qui, dans celle-ci, est un peu arrondi en forme de gouge. Il sert à dégrossir l'ouvrage. La plus grande partie des ouvriers le nomme RIFLARD. (*V.* ce mot et MENUISIER, T. XIII, page 22.) L.

VASISTAS (*Technologie*). On donne en général ce nom à une petite partie mobile d'une porte, d'une portière de voiture, d'une fenêtre, afin d'établir à volonté un courant d'air utile et souvent indispensable pour l'assainissement d'une pièce, d'un appartement habité, dans lesquels l'air ne circule pas suffisamment. Le vasistas le plus souvent employé se place dans la coudée d'une fenêtre : on enlève un carreau de verre, on le monte dans un châssis en tôle mince ou en fer-blanc, qui peut jouer à charnières dans le cadre disposé pour le recevoir. Ce cadre est consolidé dans l'ouverture qu'occupait précédemment le carreau. Par ce moyen, on peut ouvrir à volonté le *vasistas* toutes les fois qu'on le juge nécessaire. (*V.* les mots ASSAINISSEMENT, CHEMINÉES, VENTILATION, etc.)

VEILLEUSE, *V.* LAMPE. FR.

VEINE FLUIDE (*Arts physiques*). Lorsque l'eau s'échappe d'un vase par un orifice circulaire, l'expérience montre qu'il se produit, à la sortie du jet, une sorte d'étranglement qui lui donne la figure d'un cône; en sorte que la dépense effective,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un temps donné, n'est pas celle qu'indique la théorie. Il y a eu récemment des recherches curieuses à ce sujet, entreprises par M. Savart; mais, tout intéressans que soient les résultats auxquels il est arrivé, nous ne pouvons en donner ici le détail, parce qu'ils sont plutôt du domaine de la haute physique que propres aux applications pratiques. Nous nous bornerons donc à dire que la dépense d'eau d'un réservoir n'est que les 0,62 de celle qui aurait lieu sans la *contraction de la veine fluide*, lorsque l'orifice est percé dans une mince paroi, et que le niveau de l'eau est maintenu constamment à une hauteur convenable au-dessus de cet orifice. Le facteur 0,62 varie d'ailleurs quand les conditions changent. *V.*, à cet égard, l'art. Écoulement. Fr.

VÉLIN (*Technologie*). Le *vélin* est une sorte de parchemin fait avec la peau de veau. *V.* Parcheminier. L.

VÉLOCIFÈRES (*Technologie*). Voitures ainsi nommées, parce qu'elles sont supposées rouler avec plus de facilité et de légèreté que les autres, et par conséquent aller plus vite. Dans les vélocifères, les essieux, les roues, et la manière de construire et de suspendre la caisse, sont exécutés sur de nouveaux principes. On trouve tous les détails de ces constructions, qui ont donné naissance aux voitures ordinaires adoptées par les messageries pour le transport des voyageurs, dans la Collection des Brevets expirés, tome VII, page 263; tome XI, page 232; tome XIV, page 249. L.

VELOCIPÈDE (*Technologie*). On a donné ce nom à une sorte de voiture qu'on avait d'abord appelée *Draisienne*, du nom de son auteur; elle était destinée, en premier lieu, à ne porter qu'une seule personne, qui la faisait marcher et la conduisait sans chevaux; ensuite, on la construisit de manière à en porter trois, dont deux étaient assises l'une à côté de l'autre, comme dans un petit cabriolet, et sur le devant; le conducteur était placé sur le derrière, dans la même position que dans celle à une seule personne, et la faisait marcher. La description de la première machine fera facilement concevoir la seconde.

Cette première *Draisienne* était formée de trois pièces principales: 1° une longue perche d'environ huit pieds, qu'on appe-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lait le *brancard*, solide, mais légère ; 2° deux roues placées l'une au devant de l'autre, très légères, ayant chacune environ trente pouces de diamètre ; 3° des doubles chapes en fer, fixées solidement par une de leurs extrémités sur les deux côtés du brancard et vers ses deux bouts, embrassaient chaque roue, et portaient les essieux sur lesquels elles roulaient avec la plus grande facilité. Les circonférences des deux roues étaient à une distance d'environ deux pieds l'une de l'autre.

Sur le dessus du brancard et vers le milieu de la distance qui séparait les roues, était fixé un siége rembourré faisant la fonction d'une petite selle, sur laquelle se plaçait à califourchon la personne qui voulait voyager ; ses talons se trouvaient environ à deux pouces de la terre ou du pavé, de sorte qu'en baissant le bout du pied, il lui était facile de frapper la terre, et de lui donner une impulsion suffisante pour faire avancer la machine entière. Cette manière de voyager était singulière, et l'on a vu pendant quelques mois des jeunes gens parcourir à Paris les boulevarts avec une grande vitesse. On conçoit qu'il fallait être bien exercé pour maintenir l'équilibre ; ceux qui les montaient prétendaient que cet exercice n'était pas fatigant. Le siége de cet établissement était dans le parc de Mouceaux.

En 1829, nous trouvant dans ce parc, nous fûmes témoins d'un pari que fit un jeune homme de cet établissement, d'aller déjeuner à Saint-Cloud, chez un aubergiste désigné, et d'être de retour dans deux heures. Il gagna effectivement son pari, et apporta le certificat de l'aubergiste, qui attesta l'heure de son arrivée, le temps de son déjeûner, le détail de ce qu'il avait mangé, et la minute de son départ, pris sur la montre qu'il portait, et qui au moment du départ avait été réglée sur celle qui appartenait à celui qui avait parié, et qui fut déposée en main tierce. Il n'avait mis qu'environ 40 minutes pour aller, et autant pour le retour. Il ne paraissait pas fatigué.

La voiture à trois personnes est construite de même ; la seule différence consiste en ce que le petit cabriolet découvert qui est par devant est porté par deux petites roues, qui rempla-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cent la roue de devant du vélocipède à une place, et que ce cabriolet est fixé solidement au brancard du *vélocipède.* Le conducteur est placé comme dans l'exemple précédent, et fait marcher l'appareil entier avec ses pieds, frappant la terre alternativement de droite et de gauche. Comme dans cette voiture à trois roues on n'avait pas besoin de s'occuper de garder l'équilibre, nous avons essayé de conduire deux personnes dans les allées du parc, et nous avons été surpris du peu de résistance que nous éprouvions. Nous ignorons quel est le motif qui a fait abandonner cette invention, dont il nous paraît qu'on aurait pu tirer quelque avantage. L.

VELOURS (*Technologie*). On a donné le nom de *velours* à une étoffe très anciennement fabriquée dans l'Inde; elle est velue d'un côté et rase de l'autre. Alors elle se fabrique sur le métier de tisserand, par des procédés particuliers. Elle a deux chaînes, dont celle qui est placée inférieurement forme le bâti ou le corps de l'étoffe; la chaîne supérieure sert pour le poil, qui s'entrelace avec la trame et la chaîne inférieure, qui par là prend de la solidité.

Nous sortirions de notre cadre, si nous entreprenions de décrire l'art de fabriquer les velours de toute espèce que l'industrie est parvenue à exécuter; un gros volume ne serait peut-être pas suffisant pour faire bien comprendre toutes les diverses manipulations qu'il exige, sans compter la grande quantité de planches qu'il faudrait employer pour nous rendre parfaitement intelligibles. Nous ne pourrions d'ailleurs que répéter ce qu'a écrit avec beaucoup de clarté le savant Roland de la Platière, dans l'Encyclopédie méthodique, division des *Arts et Manufactures,* t. II, pages 109 et suivantes.

Nous avons parcouru les plus belles fabriques de Lyon et de Paris; nous nous sommes convaincu que l'on n'a rien ajouté d'important à cette fabrication, et qu'on peut s'en tenir parfaitement à la description de notre auteur, qui, dans l'énumération des diverses sortes de velours que l'on fabrique, assure qu'on en fait de velus sur les deux surfaces, qui sont alors à deux endroits et même de deux couleurs opposées, l'une d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

côté, l'autre de l'autre. Quoique nous n'en ayons jamais vus, nous concevons aisément que cela peut être fait facilement, puisque la couleur dépend du poil, et qu'alors chaque chaîne qui le fournit peut produire une couleur différente.

On fait des velours unis sans figures, ni rayures; on les appelle *pleins*, et on les distingue par le nombre de poils que porte la chaîne, et qui vont d'un et demi à quatre : on les nomme alors *velours à quatre, à trois, à deux poils,* etc. On en fait de *raz*, de *figurés* à *ramages*, de *frisés*, de *découpés* et *frisés* à *carreaux*, de *cannelés*, de *chinés*, etc. Dans l'ouvrage cité, Roland de la Platière a décrit parfaitement la manière de fabriquer toutes ces sortes de velours de soie.

Le coton, la laine, sont aussi employés à faire des velours. Ceux en coton, qu'on nomme *velours de coton*, sont aussi très bien décrits par le même Roland de la Platière, dans la Collection des Arts et Métiers de l'Académie des Sciences, in-folio avec beaucoup de planches.

Il a aussi décrit l'art de fabriquer le velours avec la laine, et qu'on nomme *velours d'Utrecht.* On trouve cette description dans la même Collection, qui comprend aussi l'art de fabriquer les pannes et les peluches.

On a admiré à toutes les expositions de l'industrie les beaux velours de M. Grégoire, imitant la peinture. Cet artiste est parvenu à tisser des tableaux en velours avec une correction et une perfection qu'il ne paraissait pas possible d'atteindre. Les portraits qu'il exécute en velours sur ses métiers sont d'une ressemblance parfaite, avec une correction de dessin et un fini d'exécution que le pinceau du peintre le plus habile aurait peine à surpasser.

Cet artiste présenta aux dernières expositions une série de tableaux en velours qui furent généralement admirés. Le jury combla d'éloges M. Grégoire, et lui décerna une médaille d'argent, qu'il avait reçue à toutes les autres expositions précédentes. « La découverte de cet artiste, dit le jury, doit tenir une place distinguée dans l'histoire des progrès de l'industrie. On n'apprendra pas sans admiration qu'on soit parvenu à trou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ver un procédé tel qu'un ouvrier ordinaire, ne sachant que faire des velours, puisse, dans l'espace de quelques heures, tisser une peinture qui, par les moyens ordinaires de l'art, exigerait, pour être aussi parfaite, beaucoup plus de temps et la main d'un habile artiste. De toutes les fabrications de tissu où l'on se propose d'imiter les effets de la peinture, c'est celle qui, pour des objets délicats, approche le plus de la perfection; et, ce qui est plus étonnant, c'est qu'elle emploie bien moins de temps qu'une autre dans ses dispositions préparatoires. » Ce sont les propres paroles des membres de la Société d'Encouragement, année 1805, page 144.

Son procédé, qui paraît réunir les deux moyens employés aux Gobelins pour la fabrication des tapis de pied et des tapisseries, a le précieux avantage de faire avec la même facilité une contre-épreuve exacte des tableaux.

Nous avons dit plus haut que la fabrication du velours n'a pas varié quant à la main-d'œuvre et aux métiers. Elle a reçu cependant quelques perfectionnemens importans quant aux substances qu'on emploie, surtout pour la chaîne principale, qui donne la solidité à l'étoffe. Autrefois, on employait le fil écru, tant pour chaîne que pour trame, ce qui donnait au fond de la pièce un ton jaune qu'on apercevait lorsque le velours était léger, c'est-à-dire lorsqu'il était fabriqué à un poil et demi ou deux poils. Plusieurs fabricans eurent l'heureuse idée de faire teindre ces fils de la couleur que devait porter le velours.

On trouve, dans le tome IV des Brevets expirés, page 164, le brevet de MM. Debard, Théoleyre et Dutilleu, pour la fabrication d'un *velours chiné réduit.*

On lira, dans la Description des Brevets qui expireront en 1833, une nouvelle manière de fabriquer le velours de soie, par MM. Goujon, Bonnaud et compagnie, de Lyon.

Dans le tome VII des Brevets expirés, page 277, on trouve la description d'une armature d'un métier propre à fabriquer, à l'aide de plusieurs ensouples et sans marche de poil, le velours léger, même celui en couleur, entièrement uni, et sans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on y aperçoive des raies ou sillons, inventé par MM. Charlier, Dubar et Remy, à Cologne.

Dans le tome XIV, page 288, même Collection, on lit la description des procédés mécaniques pour fabriquer des étoffes en soie chinées et unies, dites *velours d'Astrakan*, inventés par M. Fesquet, à Nîmes.

En 1833, on lira, dans la même Collection, la description du brevet pris par MM. Boutard et Reverchon, à Saint-Étienne, pour un métier destiné à fabriquer à la fois plusieurs pièces de rubans ou d'étoffes l'une au dessus de l'autre; et particulièrement les velours de Creveld, grande et petite largeur.

On trouve, dans la même Collection, beaucoup d'autres brevets pour des perfectionnemens dans la fabrication des velours de toute espèce. (*V.* les Catalogues imprimés.) L.

VELTE, mesure en usage dans le commerce des liquides spiritueux, et qui était de huit pintes de Paris. Depuis l'introduction du nouveau système métrique, le commerce ayant conservé cette unité, on a dû l'énoncer en litres; et comme la pinte vaut 0,9313 litres, la velte aurait dû être de 8 fois ce nombre. Mais, par des raisons que personne n'explique, le rapport 0,952 litres a prévalu, en sorte que réellement la velte vaut 7,61 litres; telle est la valeur adoptée dans les relations commerciales, et qui sert de base à toutes les opérations de calcul.

On est dans l'habitude de faire les stipulations soit *à tant* l'hectolitre, soit *à tant* les 27 veltes. Comme 27 veltes valent 205,45 litres, il s'ensuit qu'au prix de 100 fr. l'hectolitre, correspond 205 fr. 45 c. les 27 veltes. Rien n'est donc plus facile que de comparer les deux modes d'énonciation.

On donne le nom de *velte* à une règle dont on se sert pour déterminer combien un tonneau contient de litres. *Voyez*, à cet égard, l'article Jaugeage. Fr.

VENT (*Arts physiques*). On appelle *vent* le mouvement de translation plus ou moins rapide de l'air; ce mouvement paraît dû aux alternatives de froid et de chaud des localités. Qu'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande étendue de pays soit vivement frappée des rayons du soleil; tandis que les contrées environnantes seront couvertes de nuages, la différence entre les températures de ces localités devra y établir des courans d'air; car l'air échauffé s'élève à raison de la diminution de sa densité, et se trouve nécessairement remplacé par de l'air venu des régions ambiantes plus froides. Cet effet peut s'accroître dans d'immenses proportions lorsqu'il s'y joint de grands phénomènes électriques, des pluies abondantes et qui augmentent le refroidissement de ces dernières régions; de vastes détonnations atmosphériques; la formation de la grêle; des vides créés subitement dans l'atmosphère, ajoutent encore à la violence de ces mouvemens de l'air. Il est aisé de comprendre pourquoi, sous la zone torride, dans des îles qu'aucune chaîne de montagnes n'abrite, les vents peuvent acquérir une impétuosité capable de dévaster les campagnes, de déraciner les arbres, de renverser les maisons, etc. Telle fut la tempête qui, aidée de l'effort des vagues, a renversé le fort construit au milieu de la digue de Cherbourg; tel fut l'ouragan qui a ravagé la Guadeloupe; celui qui a porté la désolation aux îles de France et de Bourbon, etc.

Si la surface de la terre était régulière et homogène, il y aurait des courans alternatifs dont les périodes coïncideraient avec les mouvemens du soleil. Mais la présence des montagnes, celle des vastes étendues de sables, les mers, les forêts, les courans d'eau, etc., en rompant les vitesses de l'air, les réfléchissant, les détournant, compliquent la marche du vent au point d'empêcher de prévoir laquelle de ces circonstances doit le plus influer dans des conditions données de saison et de température; en sorte que la loi qui régit les directions des vents est absolument insaisissable. C'est souvent à des causes fort éloignées du lieu que nous habitons qu'on doit la direction du vent qui y domine. Un orage violent qui éclate à 500 lieues de nous y détermine des courans d'air qui se font ressentir jusqu'auprès de nous. Et comme les prédictions météorologiques ont la direction de ces courans pour un de leurs élémens essentiels, il en résulte qu'il sera long-temps impossible de s'y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

livrer avec quelque espoir de succès. On ne peut guère prédire que les *vents alisés*, dont la direction est constante, et dirigée d'est à l'ouest dans les contrées tropicales ; ces vents sont l'effet de la rotation diurne de la terre en sens contraire. Quant aux vents appelés *moussons*, on les attribue à la différence d'action du soleil sur de vastes étendues de mers et de continens, et on les annonce d'avance, à l'époque de certaines saisons, d'une manière empirique, parce que l'expérience en démontre le retour, chaque année, vers la même date.

Il importe souvent de connaître la vitesse du vent. Coulomb l'obtenait en laissant voler des plumes très légères et mesurant l'espace parcouru et le temps (1). En divisant l'un par l'autre, il obtenait la vitesse, c'est-à-dire l'espace décrit en une seconde. C'est ainsi qu'il a trouvé que les vents les plus ordinaires des continens parcourent 5 à 9 mètres par seconde ; la vitesse des vents alisés n'est que de 2, 6 à 3, 2 mètres.

On trouve la note suivante dans l'Annuaire du Bureau des longitudes.

Vent à peine sensible. Vitesse..	0,5 mètres par seconde,	1800^{m} par heure.
Vent sensible.....	1,0.....	3600
Vent modéré.....	2,0.....	7200
Vent assez fort.....	5,5.....	19800
Vent fort.....	10,0.....	36000
Vent très fort.....	20,0.....	72000
Tempête.....	22,5.....	81000
Grande tempête.....	27,0.....	97200
Ouragan.....	36,0.....	104400
Renversant tout.....	45,0.....	162000

(1) Deux personnes étaient placées à une petite élévation, éloignées de 150 pieds l'une de l'autre dans la direction du vent ; et pendant que l'une observait, l'autre comptait les secondes employées par une plume légère à traverser cet espace. On a encore essayé de mesurer la vitesse du vent par la course des nuages, ou par le changement qu'éprouve la vitesse du son par l'influence du vent ; mais le premier procédé n'est au plus propre qu'à donner la vitesse du vent des hautes régions de l'air, qui diffère de celle qu'on cherche, et le second laisse des incertitudes si grandes qu'on ne peut y avoir confiance.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse des vents impétueux a été calculée par la comparaison des contrées éloignées où la tempête s'était successivement propagée.

Les vents un peu forts ont quelquefois leur origine dans les points vers lesquels ils soufflent ; ainsi, en 1740, Franklin éprouva à Philadelphie, vers les 7 heures du soir, une tempête violente du nord-est, qui ne se fit sentir à Boston que 4 heures plus tard, quoique cette ville fût au nord-est de la précédente. En comparant ensemble plusieurs rapports, d'autant plus exacts que, dans cette même soirée, on avait observé une éclipse de lune dans un grand nombre de stations, on reconnut que l'ouragan, qui partout soufflait du nord-est, s'avançait du sud-ouest vers le nord-est avec une vitesse de 160000 mètres par heure. De là Franklin conclut que cette tempête fut produite par une grande raréfaction dans le golfe du Mexique.

Une tempête semblable du nord-est fut observée de nouveau sur cette côte d'Amérique en 1802 : elle commença à Charlestown, à 2 heures après midi, et ne se fit sentir à Washington qu'à 5 heures; à New-York, qui est plus septentrionale que ces deux premières villes, elle commença à 10 heures du soir, et n'atteignit Albany qu'au point du jour du lendemain. Dans tout cet intervalle, la vitesse fut d'environ 160000 mètres par heure.

La puissance du vent animé d'une grande vitesse est facile à concevoir et même à calculer ; car le mètre cube d'air à zéro pèse 1,3 kilogrammes ; et à 20 degrés centigrades, il pèse 1,21 kilogrammes, sous la pression de 76 centimètres. Une pareille masse, animée d'une vitesse convenable, doit choquer les corps et produire une force vive, qui, par la continuité de son action, croissante comme les carrés des vitesses, peut donner lieu à divers effets mécaniques. C'est ainsi qu'on peut employer le courant d'air chaud et ascendant d'un tuyau de cheminée à tourner une broche, qui ira d'autant plus vite que le feu sera plus vif. On s'en sert aussi pour manœuvrer le soufflet qui alimente le feu, etc. On comprend aussi comment il arrive que les ouragans exercent d'immenses ravages dans les contrées qu'il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parcourt ; comment l'action du vent sur les voiles d'un navire chasse ce bâtiment sur la surface des mers dans une direction qui dépend de celle des voiles et de l'action du gouvernail.

On mesure la force du vent, et même aussi sa vitesse, en se servant des appareils décrits à l'article ÉCOULEMENT, tome VII, page 476.

Prenez un très large tube MN en verre, courbé en siphon, et coudé comme le représente la fig. 7, Pl. 19, des Arts physiques, et remplissez la courbure avec de l'eau, dont les niveaux s'élèvent en *a* et *b* dans les deux branches. Si vous présentez l'ouverture M à l'action directe du vent, le fluide sera déprimé; l'un des niveaux descendra en *c*, tandis que l'autre montera en *f*. La force du vent soutiendra donc la colonne fluide à la hauteur *df*, différence des deux niveaux. On mesurera cette hauteur, et le poids du cylindre d'eau exprimera la pression du vent.

Pour plus de commodité, on se sert d'un tube calibré, car alors *bf* est égal à *a c* ou *bd*; en sorte que, pour trouver la hauteur *af*, il suffira de doubler *bf*. Ainsi, on tracera sur le verre une échelle de millimètres dont le zéro sera en *b*, et on comptera chaque division pour 2 millimètres. Comme le vent le plus impétueux ne dépasse pas 50 mètres de vitesse par seconde, nous verrons bientôt que la branche N*b* ne doit guère avoir plus de deux décimètres de longueur. Il est bon de ménager un étranglement à la courbure inférieure pour arrêter en partie les oscillations de la colonne d'eau.

La pression exercée par le vent sur une aire d'un centimètre carré de surface est le poids d'une colonne d'un centimètre de base ayant la hauteur de la colonne d'eau soulevée ; ainsi, cette force est exprimée par autant de grammes que cette hauteur contient de centimètres de hauteur. Sur une surface donnée, la pression serait ce nombre de grammes multiplié par le nombre de centimètres carrés de la surface : ainsi, pour un mètre carré, il faudra multiplier par 1000, ou, ce qui équivaut, changer les grammes en kilogrammes. Supposons que la co-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lonne de l'instrument ait 52 millimètres, la pression sur le mètre carré serait de 5,2 kilogrammes.

On peut encore opérer en exposant une aire plane quelconque à l'action directe et perpendiculaire du vent, et mesurant la pression qu'elle éprouve en la retenant en équilibre par un ressort ou DYNAMOMÈTRE. Car si l'on divise cette pression exprimée en grammes par le nombre de centimètres carrés de la surface, le quotient sera la pression d'un centimètre, ou la hauteur de la colonne d'eau soulevée.

La théorie peut se servir de cette hauteur pour calculer la vitesse du vent. En effet, comme l'air est 770 fois moins pesant que l'eau, en multipliant la hauteur de la colonne par 770, on aura une colonne d'air équivalente, c'est-à-dire celle dont le poids représente la pression du vent, en grammes, sur un centimètre carré. Or, une colonne fluide, qui est contenue dans un vase et s'échappe par un orifice inférieur, y prend la *vitesse due à la hauteur de la colonne*, *vitesse* qui est $=\sqrt{(19^{m},62\times \textit{hauteur})}$. *V.* ÉCOULEMENT. Ce doit donc être là celle du vent, puisque les pressions sont les mêmes et agissent sur des masses égales. Ainsi, en nommant v la vitesse du vent, h la hauteur de la colonne d'eau soulevée par sa pression, h et v exprimés en mètres et fractions, comme $19,62\times 770=15107$, on doit avoir $v=\sqrt{(15107\times h)}$.

On a des moyens précis et indépendans de trouver v et h; plusieurs physiciens ont reconnu que cette formule ne s'accorde pas avec les expériences, qui montrent seulement qu'en effet *les pressions ou hauteurs sont proportionnelles aux carrés des vitesses*, sans leur assigner pour rapport le nombre 15107. Il est vrai que, pour plus de précision, il faudrait, dans chaque cas, remplacer le facteur 770 par la densité de l'air, en ayant égard à l'état actuel de la température et de la pression barométrique. Mais, même avec ces conditions, la formule serait loin de représenter les faits observés. Borda trouve que le facteur 15107 doit être réduit à moins des $\frac{1}{5}$. En nous rapportant aux expériences les plus exactes, faites dans les limites de vitesses ordinaires (car dès que le vent parcourt plus de 22 mètres par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seconde ; Smeaton pense qu'on ne peut avoir aucune confiance dans les résultats, par des motifs faciles à comprendre), nous réduirons ce facteur à 8900. Ainsi nous poserons

$$v = \sqrt{8900 \times h}.$$

v est la vitesse du vent, h la hauteur de la colonne d'eau qu'elle soulève, exprimées en mètres. Cette équation donne aussi h quand on connaît v ; et, comme la pression du vent sur un centimètre carré de surface est d'autant de grammes (ou sur un mètre carré d'autant de kilogrammes) que h contient de centimètres, on en tire :

$$\textit{Pression du vent.} = 0{,}0123\ v^2.$$

v étant la vitesse du vent en mètres par seconde, et la pression étant exprimée en grammes sur un centimètre ; si on la demande sur un métre carré de surface, il faut multiplier par 10000. En général, pour avoir la pression sur une surface plane donnée, il faut multiplier par le nombre de centimètres carrés qu'elle contient. On trouve donc que, *pour un mètre carré de surface*, et *pour une vitesse du vent, par seconde, de*

	kil.		kil.
1 mètre la pression	= 0, 123	10 mètres la pression	= 12,300
2.....	= 0, 492	11.....	= 14,883
3.....	= 1, 107	12.....	= 17,712
4.....	= 1, 968	13.....	= 20,787
5.....	= 3, 075	14.....	= 24,108
6.....	= 4, 428	15.....	= 27,675
7.....	= 6, 027	16.....	= 31,488
8.....	= 7, 872	17.....	= 35,547
9.....	= 9, 963	18.....	= 39,852

FR.

VENT (MOULIN A). (*Arts mécaniques*). Molard a donné à l'article MOULIN, la construction de ces machines aériennes considérées dans l'état de perfection où l'art les a amenées. Mais, outre qu'il s'est peu attaché à la partie expérimentale de ces appareils, et à la théorie des effets du vent, il n'a pas examiné les moulins tels qu'on les construit presqu'en tous lieux, et dont, sans beaucoup de dépenses, on tire un excellent parti.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous croyons donc utile de revenir sur ce sujet pour le compléter.

La force motrice qu'on tire du vent peut être dirigée pour en obtenir divers effets, tels que la mouture des grains, le sciage des bois, le broyage des corps, les irrigations, la fabrication de l'huile, etc. Nous ne nous occuperons ici que de la mouture, laissant à chacun le soin de concevoir comment, par des combinaisons mécaniques, on peut transformer le mouvement de l'arbre tournant d'un moulin à vent, en un autre mouvement déterminé, pour produire un effet donné. Il ne sera d'ailleurs question ici que des moulins verticaux, c'est-à-dire ceux où l'arbre moteur est horizontal ou à peu près. Ce qui a été dit des autres aux articles Moulin et Turbines nous dispense d'y revenir.

Le vent est un moteur qui ne coûte rien; les courans d'eau n'existent au contraire qu'en certaines localités et coûtent très cher; on n'en peut disposer qu'en ménageant d'autres droits, ou s'exposant à des procès; il faut éloigner les barrages, etc. Ces obstacles à l'établissement des roues hydrauliques font préférer bien souvent les moulins à vent. Mais ces machines agissent d'une manière si irrégulière, elles sont si souvent réduites à chômer, les réparations qu'elles exigent sont si coûteuses, qu'on ne s'en sert guère qu'à défaut d'autres moyens. Toutes les opérations qui exigent une force constante doivent les repousser; elles ne conviennent qu'à celles qui ne demandent le concours que d'un petit nombre de bras, et dont on peut, sans inconvénient notable, augmenter, diminuer, ou interrompre le travail. On peut diriger l'eau, la rassembler, en ménager la force, en obtenir des effets réguliers; tandis qu'au contraire, il faut prendre la puissance du vent telle qu'elle est, sans pouvoir influer sur sa direction, ni son intensité; il faut s'en passer lorsqu'elle faiblit, y céder lorsqu'elle dépasse certaines limites; enfin le moteur fait un travail aussi irrégulier que lui-même. On estime qu'un moulin à vent chôme un tiers du temps, et travaille peu pendant un autre tiers; en sorte que les résultats qu'on en obtient ne peuvent guère s'éva-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

luer qu'à celui que donnerait la force moyenne d'un vent de 7 à 8 mètres de vitesse par seconde, agissant seulement un tiers de l'année. Le capital, les hommes, dorment pendant la durée de ces repos forcés, les pertes se renouvellent et grèvent la fortune des propriétaires : aussi, ces derniers prospèrent-ils médiocrement.

Le vent ne se meut pas dans une direction absolument horizontale, et on a reconnu que les courans d'air agissent en plongeant vers la terre, sous des angles qui varient de 8 à 15 degrés. Aussi dispose-t-on l'arbre tournant B (fig. 2, Pl. 68 des Arts mécaniques) dans une direction oblique à l'horizon, et qui est entre ces limites. On doit toujours *mettre le moulin au vent*, c'est-à-dire en diriger l'arbre B dans la ligne qu'il suit, en tournant le moulin de manière que cet arbre tende vers la région d'où le vent arrive, ce qui exige que le plan de circulation des ailes soit à peu près perpendiculaire au vent.

Cet arbre B, incliné de 8 à 15 degrés à l'horizon, tourne sur deux tourillons, dans des collets en fer, et est placé en haut d'un bâtiment en charpente qu'on appelle *Beffroi*. Ce bâtiment est revêtu de planches horizontales qui se recouvrent l'une l'autre par *imbrication*, comme les tuiles d'un toit ; une couverture, aussi en planches, est disposée au dessus du moulin, pour protéger l'arbre et le mécanisme intérieur contre la pluie et les autres phénomènes atmosphériques.

La charpente du beffroi est établie au sommet d'un cône F en maçonnerie, et y pivote sur une colonne centrale E, afin de pouvoir mettre le moulin au vent. Un petit CABESTAN portatif sert à cette manœuvre, chaque fois que la direction du vent change ; car, comme on l'a dit, l'arbre B doit toujours être placé dans cette direction. Des piquets sont plantés circulairement en terre, à quelque distance autour de la maçonnerie conique ; on attache le cabestan à celui de ces piquets qui est placé convenablement, et on fait tourner, à force de bras, le beffroi sur la colonne E, à l'aide d'une corde qui va, du cabestan, saisir un long levier G fixé au beffroi. Enfin il y a aussi une *échelle de meunier* H pour monter dans le moulin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les beaux moulins, on ne fait tourner que la toiture qui emporte avec elle l'arbre et les ailes. Cette toiture est établie en haut d'une tour en maçonnerie, et le mouvement est exécuté aussi par un cabestan et un levier (*v.* fig. 5), qui ne tient qu'au haut du système, et fait tourner la toiture sur des bandes en fer graissées, ou même garnies de galets. *V.* l'article Moulin.

Venons-en maintenant à l'appareil qui communique la force du vent à l'arbre tournant B (fig. 2). Le bout antérieur et saillant hors du beffroi est carré, et percé de deux larges mortaises écartées et en croix, pour y fixer solidement les quatre ailes. A cet effet, cette extrémité est traversée par deux solives nommées *volans* BB' (fig. 3), qui ont environ 13 mètres de long sur 3 décimètres d'équarrissage; elles sont fixées à l'arbre, en leur milieu, par des coins qu'on force dans les mortaises. Les *entes* BC, B'C', sont des allonges en bois de 2 décimètres d'équarrissage et longs de 10 mètres, accolés sur une partie de leur longueur avec les volans, auxquels on les lie avec des frettes en fer et des écrous qui les serrent solidement. Ces entes allongent les volans chacun de 7 mètres, en sorte que chaque bras se trouve avoir 11 à 12 mètres de longueur.

De petites barres de bois appelées *lattes ab, cd, ef, pq,* croisent ces bras dans des mortaises, et sont disposées comme les bâtons d'une échelle; elles sont assemblées par leurs deux bouts aux *cottrets ap, bq,* longues barres qui bordent l'aile et sont à peu près parallèles aux bras, en forme de parallélogramme *gauche*. Quelquefois on les dispose en trapèze allongé, pour que l'aile soit plus large au bout extérieur.

La première des lattes *ab* est à un ou deux mètres du centre de l'arbre tournant B; c'est le commencement de l'aile. Il résulte de cet assemblage un treillis à grandes mailles quadrangulaires, sur lequel on tend une grosse toile pour recevoir l'impulsion du vent, et dont on proportionne l'étendue superficielle à la puissance du courant. Cette voile est attachée avec des cordons sur une planche qui borde l'aile, et est appelée *bordage*; elle a environ 8 à 10 mètres de long sur 2 de large, ce qui,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour chaque aile, fait une surface qui peut avoir jusqu'à 20 mètres carrés.

Comme l'arbre tournant est incliné de 8 à 12 degrés à l'horizon, le plan de circulation des bras a cette même inclinaison, et se trouve perpendiculaire à la direction du vent. Mais les ailes ne peuvent pas se trouver dans ce même plan, puisque le vent ne les ferait pas tourner, et ne tendrait qu'à renverser le moulin. Les ailes sont donc obliques au plan de circulation, et même elles sont *gauches*, c'est-à-dire que leur parallélogramme est comme un peu tordu ; de manière que les élémens transversaux, sur toute la longueur de l'aile, font des angles différens avec le plan de circulation. Cet angle est ce qu'on appelle l'*airage* de l'aile. Nous allons donner la règle de cette construction, qui a pour objet de décomposer l'action du vent, et de tirer le meilleur parti de sa force pour faire tourner l'arbre

Divers savants se sont occupés de la théorie des moulins à vent, et ont cherché quelle était la forme la plus avantageuse à donner aux ailes. Les uns les veulent convexes ou concaves; les autres elliptiques ; ceux-ci, triangulaires ou en trapèzes, ceux-là, coupés longitudinalement par les bras en deux rectangles inégaux ; mais on ne regarde ces spéculations que comme des idées ingénieuses, trop difficiles à mettre à exécution, ou de nature à compromettre la durée de l'appareil, à le faire chômer, à exiger des dépenses, etc. C'est donc à la pratique qu'il faut en revenir, et chose digne de remarque, l'expérience est parvenue à donner aux ailes une forme si bien appropriée à leur objet, que la science n'a, pour ainsi dire, rien trouvé de plus parfait, depuis qu'elle en a étudié les effets.

Quelques personnes ont proposé d'employer plus de quatre ailes ; mais on a reconnu que ces assemblages ne laissent pas assez d'espace libre pour la fuite de l'air qui a exercé son action, et qu'on accroît ainsi les frais de construction sans avantage réel.

Parent, qui faisait l'aile en parallélogramme plan, avait trouvé, par le calcul, qu'il fallait l'incliner de 54° 44′ sur le plan

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de circulation du volant, du côté du vent. Bélidor et Pitot ont recommandé cette disposition comme préférable à toute autre. Mais s'il est vrai que cette condition convient au cas de repos, elle cesse d'être favorable lorsque le mouvement est imprimé, et qu'on veut le conserver de la manière la plus avantageuse. En effet, si la voile est un plan à inclinaison constante sur l'arbre, l'extrémité de l'aile, tournant avec une plus grande vitesse que la base qui est près de l'arbre, se soustrait en quelque sorte à l'action du vent, et n'en reçoit pas l'impulsion aussi avantageusement que les parties dont la vitesse est moindre. Il faut donc tenir comp te de cette diminution de force, et faire ensorte que le vent agisse plus perpendiculairement sur la voile, en augmentant, vers l'extrémité, l'inclinaison de l'aile sur la direction du vent ou sur l'arbre.

Mais puisque la vitesse de chaque partie de l'aile est proportionnelle à sa distance au centre de mouvement, chaque élément rectangle et transversal de l'aile doit avoir une inclinaison différente, c'est-à-dire que cet angle doit varier d'un bout à l'autre de l'aile.

Voyons ce qu'on pratique en Hollande et en Flandre, où les moulins à vent sont plus nombreux qu'ailleurs, et ont été beaucoup perfectionnés. Il suit des observations de Coulomb et de Smeaton que les ailes montées à la manière hollandaise produisent à peu près l'effet maximum. Coulomb a examiné plus de 50 de ces machines aériennes aux environs de Lille, et a reconnu que chacune accomplissait, pour ainsi dire, la même quantité de travail, lorsque la vitesse du vent est de 6 à 7 mètres par seconde, quoiqu'elles eussent de légères différences d'inclinaison de leur arbre et de dispositions de leurs ailes; d'où il conclut que ces moulins doivent être disposés de la manière la plus favorable aux résultats.

Dans ces moulins, la distance de l'extrémité de chaque voile au centre de rotation, était de 11 mètres; les ailes étaient rectangulaires, d'à peu près 2 mètres de largeur, dont les cinq sixièmes étaient revêtus d'une toile tendue sur la carcasse, et le reste pour le bordage. La ligne de jonction du bordage et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la toile faisait, du côté qui fait face au vent, un angle sensiblement concave au commencement de l'aile, et décroissant peu à peu, jusqu'à devenir nul à son extrémité. Quoique la surface de la voile fût courbe, on peut la regarder comme composée de lignes droites perpendiculaires au bras qui soutient la carcasse et est l'axe de l'aile, les extrémités de ces lignes correspondant à l'angle concave que forme la jonction de la toile et du bordage. C'est ce que les géomètres appellent une *surface réglée*, parce qu'une règle s'y applique dans toute sa longueur, quand on la pose sur l'aire perpendiculairement à l'axe, en l'un quelconque des points de cet axe.

Cette droite, au commencement de l'aile, c'est-à-dire à la distance de 2 mètres de l'arbre, fait un angle de 60 degrés avec l'axe de cet arbre; à l'autre extrémité de l'aile, la droite fait un angle de 78 degrés quand l'arbre est incliné de 8 degrés à l'horizon, et de 84 degrés quand cet arbre est à 15 degrés. En d'autres termes, le plus grand angle de la voile est de 30 degrés, et le plus petit varie de 12 à 6 degrés, selon que l'inclinaison de l'arbre varie elle-même de 8 à 15 degrés. On se fera une idée juste de la surface gauche de la voile, en la considérant comme engendrée par le mouvement d'une droite sans cesse perpendiculaire à l'axe de l'aile, et qui, au commencement (c'est-à-dire à 2 mètres de l'arbre), ferait un angle de 60° avec l'arbre; puis, parcourant d'un mouvement uniforme toute la longueur du volant, augmenterait uniformément cet angle, jusqu'à ce qu'au bout de l'aile il soit devenu 78° à 84°, selon que l'arbre est incliné à l'horizon de 8° à 15°; la variation d'angle des élémens de l'aile étant d'ailleurs proportionnelle, dans les inclinaisons intermédiaires. Voici la construction.

A la distance de 2 mètres du centre A de l'axe tournant (fig. 3), on fixe la première *latte ab* dans une mortaise du volant CA; on en fixe une seconde *p q* au bout C; on donne à ces lattes les directions suivantes : la 1re est projetée verticalement en CBC′ (fig. 4); la 2e en DBD′; AB est une parallèle à l'axe de l'arbre; l'angle ABC est de 60°, et l'angle ABD de 80° : enfin on joint les quatre bouts de ces lattes, deux à deux, par les *coterets*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ap, *bq* (fig. 3), dans lesquelles viennent s'implanter les autres lattes successives. On divise donc la droite CA, axe de l'aile, en parties égales; et en chacun de ces points, on fixe une latte à mortaise. Supposons qu'il y en ait 28: on divisera l'angle CBD (fig. 4) en 28 parties égales, et les rayons correspondants feront les projections de ces lattes sur un plan perpendiculaire au bras.

Nous observerons cependant que le volant et l'ente sont ordinairement un peu courbes, afin d'offrir au vent une voile concave, ce qui complique légèrement la construction ci-dessus. (*Voyez* le *Traité de Mécanique* de M. Hachette.)

Exposons maintenant la distribution intérieure d'un moulin à blé; et le mode de transmission de la force de l'arbre tournant A (fig. 6) aux meules. On sait que le blé est broyé entre deux meules circulaires horizontales posées l'une sur l'autre. L'inférieure R est *gisante* ou immobile; la supérieure O est *courante*, c'est-à-dire tourne sur son axe. Les deux surfaces sont l'une un peu convexe, l'autre un peu concave, et presque en contact; elles sont travaillées au marteau en sillons vifs et coupans, par rayons ou par lignes parallèles (*V.* MEULES, MOULIN). Lorsque l'usage détruit ces sillons, on *repique* la meule au marteau pour les raviver. Les deux meules sont enfermées dans un coffre de bois M appelé *archure*. (*V.* fig. 6 *bis*.)

La meule courante est percée d'un trou central *k* nommé *œillard*, par où entre le grain. Dans ce trou passe l'ANILLE X, axe de fer qui y est arrêté par des bras ou croisillons scellés dans le massif de la meule : cet axe se prolonge en IK, et s'appelle *gros fer*. Au bout inférieur, il porte au fond d'une crapaudine en fonte, scellée au centre de la meule gisante. La force centrifuge de la meule courante chasse peu à peu la farine et le son jusqu'au contour des meules; ces produits reçus dans l'archure, s'écoulent par une *anche* dans un BLUTTOIR destiné à séparer le son de la farine.

Pour faire tourner la meule, O on fait communiquer son arbre I avec celui A des ailes (fig. 6), par le rouet G, monté sur l'arbre A, au centre du moulin; de manière que, si c'est la toiture seule qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tourne pour mettre le moulin au vent, ce rouet, emporté par le mouvement général, ne cesse pas d'engrener la lanterne H qui est montée sur le gros fer. Au lieu d'une paire de grandes meules de 2 mètres, on préfère ordinairement en employer deux ou trois paires de petites de 12 décimètres de diamètre, parce que, quand le vent est faible, on ne fait tourner qu'une de ces meules en *embrayant* l'autre. Dans ce cas, l'axe de la lanterne H communique le mouvement aux gros fers des meules par un engrenage qu'on se figure aisément. Pour plus de simplicité, nous n'avons représenté ici qu'une seule paire de meules. On voit que, par l'impulsion du vent, le gros fer I doit tourner d'autant plus vite que le vent est plus impétueux, et que le nombre des dents du rouet G est plus grand que celui des fuseaux de la lanterne.

Pour écarter à volonté les meules, selon la nature de la mouture qu'on veut obtenir, et y faire arriver le grain, voici l'appareil dont on se sert. Le blé est versé dans une trémie S, d'où il s'écoule dans une *anche* pivotante Q; ce grain est monté dans son sac, à l'étage supérieur, à bras, avec un treuil, ou plutôt par la force même de l'arbre du moulin, en l'entourant d'une corde qui supporte le sac, et on verse ensuite le grain dans la trémie. *d e* est une corde passée sur une cheville V, attenant à l'anche, pour la secouer, et faire tomber le blé plus ou moins vite, selon la force du vent. Les leviers *f g* et *h i* ont leurs centres de rotation en *f* et *m*; la corde *i l n p*, portant un contre-poids *p*, passe sur les poulies *l* et *n*. Quand on élève le point *g*, la barre N *o*, nommée *trempure*, monte, et le levier *o* P fait tourner le coude L, qui soulève le gros fer K, et écarte les meules: en baissant *g*, on les rapproche au contraire.

Quand on veut arrêter le moulin, on bande le *frein* G; c'est un cercle en bois pliant, fixé par un bout en *s*, et qui se courbe sur la roue, la presse, et vient s'attacher en *v* au levier *t*. Pour plus de sûreté, on fait encore un arc-bouttement des bras de la roue contre les solives du bâtiment.

XR est un plancher qui sépare le beffroi en deux chambres, lesquelles communiquent entre elles par l'échelle *q*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le blé, versé dans la trémie S, s'écoule peu à peu par l'anche dans un entonnoir au dessus de l'œillard I, entre par cet orifice, et est écrasé entre les meules O; la farine ou le gruau descend à l'étage inférieur, par le conduit *ab*, dans le cofre *c*, où est le blutoir. L'anche est incessamment secouée par un mécanisme que l'arbre du moulin met en jeu, et qui, par cette trépidation, fait sortir peu à peu le grain de l'auget Q qui le contient. Ce sautillement du blé est produit par une baguette, qui est appelée *babillard*, et qui reçoit ses impulsions des dents des roues.

Souvent le BLUTOIR, le CRIBLE, le TARARE, sont mus par le mécanisme même du moulin; dans d'autres cas, on les manœuvre à bras; chacun peut aisément suppléer à ces détails, qui d'ailleurs ont trouvé leur exposition à d'autres articles.

Nous donnerons ici quelques descriptions des pièces, telles qu'on les façonne communément. Les poteaux X du beffroi ont $8^{m}\frac{1}{2}$ de long, 6 centim. de large en bas, et $4\frac{1}{2}$ centim. en haut, sur 4 d'épaisseur. La colonne N a 37 décim. de hauteur, 5 de diam. en bas et 4 en haut; elle est fixée dans la maçonnerie au centre du moulin, et est arrêtée en haut par des barres. Le plancher XR a ses solives de 13 décim. de long, et 28^{cm} sur 23^{cm} d'équarrissage: elles sont mortaisées dans les poteaux et la colonne. Souvent on construit deux planchers, qu'on soutient en observant l'assemblage qui vient d'être indiqué.

La lanterne H a 8 fuseaux, et le rouet G, d'environ 12 décim. de diamètre, 80 alluchons: ces nombres ne sont pas de rigueur; il suffit que la meule et sa lanterne fassent environ 60 à 100 tours par minute, c'est-à-dire aillent 8 à 10 fois plus vite que l'arbre. (*V.* DENTS DES ROUES.) L'arbre A a 6 mètres de long, 5 à 6 décimètres de diamètre à un bout, $4\frac{1}{2}$ à l'autre bout: son pivot a 15 centim. d'épaisseur; le volant a 6 mètres de longueur, l'aile 23 décim. de largeur, la surface environ 21 mètres carrés.

Coulomb, dans son Mémoire (Acad. des Sciences, 1781), fait l'évaluation de l'effet total des bons moulins à vent de Lille, et estime qu'ils travaillent toute l'année 8 heures par jour, en élevant un poids de 1000 livres à 218 pieds par minute, ce qui équivaut à 490 kil. élevés à 70^{m}, 8, ou 34664 kilog. à 1 mètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce travail est donné par un vent ayant $6^{m}\frac{1}{2}$ de vitesse par seconde ; les ailes portent alors toute leur voilure, et ce vent paraît être celui dont la force convient le mieux à la machine. Supposant, avec D. Bernoulli, qu'un homme, employant ses forces de la manière la plus commode, ne peut élever, en travaillant 8 heures par jour, que 60 livres à 1 pied par seconde, c'est-à-dire 572 kilog. à 1 mètre par minute, on voit que le moulin à vent produit la force de 61 hommes par un travail journalier; le cheval de vapeur a la force de 4500 kil. élevés à 1 mètre par minute; ainsi la force journalière d'un moulin à vent est de 7,7 de ces chevaux; seulement, il faut reconnaître que la variabilité de la force motrice, outre les inconvéniens d'un travail irrégulier qui se prête difficilement à beaucoup d'applications, est compensée dans nos chiffres, en prenant une moyenne, qui suppose un chômage des deux tiers du temps. Il est reconnu, en effet, que si le vent parcourt moins de 4 mètres par seconde, son action est trop faible pour la mouture ordinaire du blé; et si la vitesse est de 8 mètres, on est obligé de déshabiller en partie les ailes pour éviter qu'elles ne soient rompues.

Cette quantité de travail ne doit pas surprendre; car, en supposant 7 mètres par seconde de vitesse au vent, nous avons vu que sa pression est de 6 kil. par mètre carré; comme chaque aile du moulin a 20 mètres de surface, on trouve 120 kil. de pression agissant au centre ou milieu de l'aile, c'est-à-dire à 5 mètres de l'axe de rotation. La pression s'exerçant sur une aire oblique d'environ 30°, se réduit au quart dans le sens du mouvement; ainsi, l'on ne doit prendre comme effective que la pression totale d'une aile, savoir 120 kilog. décrivant 30^{m} à chaque révolution. En admettant que l'aile fait 12 tours par minute, le produit de ces trois nombres donne, par la force du moulin, 43200 kil. élevés à 1 mètre. On voit que la force, étant réduite à 34664 kilog., éprouve encore une perte de près d'un tiers.

On a trouvé que, lorsque la meule fait 5 révolutions pour une seule de l'arbre,

1°. Le moulin ne commence à tourner que quand le vent a 4 mètres de vitesse par seconde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2°. Quand la vitesse est de $5^{m},8$ par seconde, les ailes font 11 à 12 tours par minute, et l'on moud 400 à 450 kilog. par heure (10000 kil. en 24 heures).

3°. Lorsque la vitesse du vent est de $9^{m},1$ par seconde, le moulin, portant toutes ses voiles, fait 22 tours par minute, et moud 900 kil. par heure, ou 21600 kil. en 24 heures. Avec ce degré de vitesse, la farine s'échauffe considérablement, et les meuniers changent de temps en temps l'espèce de grain à moudre pour *rafraîchir* la meule.

Sept hommes ou un cheval peuvent moudre un setier de farine confectionnée (125 kilog.), ou 167 kilog. de mouture simple. Comme cette force, appliquée à une manivelle ou à un manége, produit 8 à 900 dynamies, on en conclut que la mouture de 100 kilogrammes de blé consomme 533 dynamies : ainsi, l'effet de l'arbre d'un moulin à vent peut être estimé de 500 à 550 dynamies pour moudre 100 kilog. de blé.

Pour employer les moulins à la trituration des substances, on garnit l'arbre tournant de bras faisant fonction de CAMES, lesquelles soulèvent et laissent retomber des PILONS. Coulomb a mesuré les effets de ces machines pour la fabrication des huiles de colza, et voici le résultat de ses expériences :

1°. La vitesse du vent étant de 2,27 mètres par seconde, lorsque le moulin est libre, les ailes font $5\frac{1}{2}$ tours par minute; mais en mettant un seul pilon en jeu du poids de 510 kil., lequel frappe deux coups de $0^{m},49$ de hauteur à chaque tour d'aile, le moulin fait à peine 3 tours par minute.

2°. Le vent parcourt $4^{m},06$ par seconde, les ailes font 7 à 8 tours par minute; il n'y a que deux pilons de 510 kil. et un de 250 kil. en action. Le moulin fabrique 100 kil. d'huile en 24 heures.

3°. La vitesse du vent est $6^{m}\frac{1}{2}$; l'arbre fait 13 tours par minute; 5 pilons de 510 kil. et un de 250 kil. sont en jeu, et le moulin fabrique 350 kil d'huile en 24 heures.

4°. Le vent parcourt $9^{m},1$; on est obligé de serrer 2 mètres de voitures; l'arbre fait 17 à 18 tours par minute, et le moulin fa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

brique 500 kil. d'huile en 24 heures, en mettant en action les 6 pilons de l'expérience qui précède.

On estime que la fabrication de 100 kilog. d'huile consomme 14 à 15 mille dynamies, dont un 6e est absorbé par les frottements, les chocs, et autres résistances.

Coulomb évalue que, dans les moulins à vent hollandais, qui ont les dimensions précédemment fixées, lorsque la vitesse du vent est de $6^{m}\frac{1}{2}$ par seconde, l'effet est, ainsi qu'on l'a déja dit, équivalent à 1000 livres élevées à 218 pieds par minute. La force perdue par l'action des cames sur les pilons est égale à 1000 livres élevées à $16^{pi}\frac{1}{2}$ par minute, et le frottement équivalant à 1000 livres élevées à $18^{pi}\frac{1}{2}$ par minute. Ainsi, la force totale du vent égale 1000 livres élevées à 253 pieds par minute, c'est-à-dire 40230 kilog. élevés à 1 mètre.

Smeaton a fait des expériences, dont nous avons déja parlé, pour déterminer, par le fait même, les circonstances du développement de la force motrice du vent, et se mettre en garde contre les incertitudes de la théorie. Il se servit d'un modèle de moulin à vent, dont il mesurait les effets par un poids soulevé. Comme ses résultats sont ce qu'on a obtenu de plus certain sur ce sujet difficile, nous les donnerons ici sous forme de principes.

1°. *La vitesse du vent variant seule.*

1. La vitesse des ailes de moulin, qu'il soit non chargé ou chargé au *maximum*, est à peu près comme la vitesse du vent, quand on conserve la figure des ailes et leur inclinaison.

2. La charge correspondante au *maximum* d'effet est presque (ou un peu moindre) comme le carré de la vitesse du vent, quand la forme et la position des ailes restent les mêmes.

3. Les effets des mêmes ailes, lorsqu'elles produisent le *maximum*, sont presque (ou un peu moindres) proportionnels aux cubes de la vitesse du vent.

4. La charge des mêmes ailes correspondant au *maximum* d'effet est à peu près comme les carrés, et leur effet comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les cubes du nombre de leurs révolutions, dans un temps donné.

5. Quand les ailes sont chargées de manière à donner le *maximum* d'effet sous une vitesse donnée, et que celle du vent vient à augmenter, tandis que la charge reste la même, 1° l'accroissement d'effet, pour un faible accroissement de vitesse, sera à peu près comme les carrés de cette vitesse; 2° si la vitesse est double, les effets sont à peu près :: 10 : $27\frac{1}{2}$; 3° quand les vitesses comparées seront plus que doubles de celle sous laquelle la charge donnée produit le *maximum*, les effets croissent à peu près dans le rapport de la simple vitesse du vent.

2°. *La vitesse du vent restant constante.*

6. Pour des ailes dont la figure et la position sont semblables, la vitesse du vent restant la même, le nombre de tours, dans un temps donné, est réciproque aux longueurs de l'aile.

7. La charge au *maximum*, que les ailes de figures et positions semblables peuvent surmonter, à une distance donnée du centre de mouvement, est comme les cubes de la longueur des ailes.

8. Les effets des ailes de figures et positions semblables sont comme les carrés des longueurs.

9. La vitesse des extrémités des ailes hollandaises, ainsi que des ailes élargies au bout extérieur, dans toutes leurs positions ordinaires, lorsqu'elles sont sans charge ou chargées au *maximum* d'effet, est considérablement plus rapide que la vitesse du vent.

Molard a donné, à l'article Moulin, les résultats de sa pratique éclairée pour l'airage des ailes; nous comparerons ici ceux que donne la théorie et ceux que Smeaton a déduits de ses expériences Le bras du moulin est divisé en six parties, à compter de l'arbre tournant jusqu'au bout; a désigne la vitesse du vent. La table suivante donne la vitesse de chacune des six divisions de l'aile, et les angles que forment les lattes avec la direction de l'arbre et avec le plan de circulation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parties du bras.	Vitesse du point correspondant.	THÉORIE.		SELON SMEATON.	
		Angle formé avec l'axe.	Airage de la voile.	Angle formé avec l'axe.	Airage de la voile.
1....	.. $\frac{1}{5}a$....	.63° 26′	26° 34′	72°	18°
2....	.. $\frac{2}{5}a$....	.69. 54	20. 6	71	19
3....	.. a....	.74. 19	15. 41	72	18
4....	.. $\frac{4}{5}a$....	.77. 20	12. 40	74	16
5....	.. $\frac{1}{5}a$....	.79. 27	10. 33	77 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{2}$
6....	.. $2a$....	.81. 0	9. 0	83	7

La vitesse des ailes d'un moulin à vent est ordinairement très grande; car, en supposant que l'aile fait 10 tours par minute, ce qui est le cas ordinaire, l'extrémité d'une aile de 12^{m} de long parcourt 754 mètres par minute, ce qui fait 45240 mètres, ou plus de 11 lieues par heure, tandis que sa base n'a que le sixième de cette vitesse.

Si l'on compare la vitesse du vent au nombre de tours de l'arbre du moulin, travaillant avec sa charge, on arrive aux résultats suivans:

Vitesse du vent en mètres en une seconde.	Nombre de tours de l'arbre en une minute.	Rapport.
^{m} 2,27.....	3.....	0,75
4,06.....	7.....	0,58
6,5.....	13.....	0,5
5,8.....	11.....	0,53
9,1.....	17.....	0,54
9,1.....	22.....	0,41

Il ne faut avoir égard, pour la conséquence que nous allons tirer, qu'aux cas où la vitesse est de 7 à 11 tours par minute, à raison de la force des frottemens dans les petites vitesses, et des circonstances qui accompagnent un mouvement trop rapide. On voit que le rapport de la vitesse du vent au nombre de tours est sensiblement 0,54; d'où il suit que, si l'on compte le nom-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bre de tours de l'aile d'un moulin en une minute, et qu'on multiplie ce nombre par 0,54, on aura la vitesse du vent par seconde et en mètres. Smeaton dit que, pour trouver cette vitesse, il faut multiplier par 4 ou par 2,7 la vitesse de l'extrémité de l'aile, selon que le moulin tourne sans charge ou chargé. La règle précédente donne un nombre un peu moindre.

Lulofs de Leyde a trouvé qu'un moulin à vent hollandais, employé à dessécher les marais, était capable d'élever 1500 pieds cubes d'eau à 4 pieds de hauteur par minute, lorsque le vent parcourait 30 pieds par seconde. Ces résultats équivalent à 66840 litres d'eau ou kilogrammes élevés à 1 mètre par minute, avec une vitesse de vent de $9^{m},7$ par seconde. En évaluant la force d'un cheval attelé à 4500 kilogr. élevés à 1 mètre par minute, on trouve que le travail du moulin est celui d'environ 15 chevaux de vapeur, quand la vitesse du vent est de près de 10 mètres par seconde.

Molard, en traitant à l'article Moulin de celui de M. Amédée Durand, pour puiser de l'eau, a négligé divers détails sur lesquels nous croyons devoir attirer l'attention. Cet appareil ne monte, il est vrai, qu'une petite quantité d'eau, puisqu'il ne produit qu'une force de deux hommes, ou un neuvième de cheval de vapeur; mais il a l'avantage de se mettre de lui-même au vent, d'agir presqu'au plus léger souffle, et de ne pas produire au delà de la force désignée ci-dessus, quand le vent est extrêmement fort, parce que cette machine aérienne est réglée de manière que, dès que le vent a 5 à 6 mètres de vitesse, la rotation se conserve constamment la même pour des vitesses plus grandes. Ainsi, le moulin montera toujours la même quantité d'eau, que le vent ait 5 mètres de vitesse ou plus. Pour les vitesses plus petites, il en montera moins, mais toujours un peu. Il s'en suit qu'en définitive et tout compensé, il pourra, au bout d'un temps donné, produire autant d'eau qu'on en aura besoin pour l'arrosage, sans nécessiter ces vastes réservoirs si dispendieux, dont on devrait se pourvoir, si la machine montait plus d'eau et n'obéissait qu'à de grands vents.

Voici comment ces résultats sont obtenus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les ailes sont petites, en tôle (*v.* fig. 5, Pl. 42, des Arts mécaniques), et montées sur un système de quatre barres de fer en croix. Chaque barre ou vergue soutient une aile, mais ne divise pas sa surface en deux parties égales; l'une des parties est les $\frac{3}{5}$ de l'autre; de sorte que le vent, agissant avec plus de force sur un côté, tend à faire pirouetter l'aile autour de la barre : l'aile est d'ailleurs équilibrée sur sa vergue par des poids. L'airage est déterminé par des chaînes qui retiennent les quatre extrémités; chaque chaîne, attachée d'un bout au grand côté de l'aile, l'est par l'autre à une équerre qui termine la vergue. Pour que le grand côté ne cède pas à l'action du vent, il est ramené par un ressort à boudin très développé. Il en résulte que la pression du vent sur le grand côté est modérée par le ressort, et que l'airage se modifie selon la force du vent.

Quand le vent dépasse 5 mètres de vitesse, on ne s'en fie pas à l'action du ressort pour diminuer la surface frappée; l'équerre porte un poids, et une palette en tôle qui agit sur le vent comme une rame, tandis que la force centrifuge tend à éloigner le poids. Ainsi, plus le vent acquiert de vitesse, et plus la surface qu'il attaque diminue; il y a d'ailleurs un frein qui arrête le moulin quand on juge à propos d'en suspendre l'action.

Nous ne pouvons entrer dans les détails d'une multitude de précautions ingénieuses qui donnent à ce moulin un grand intérêt. On peut consulter les Bulletins de la Société d'Encouragement pour 1829, page 415, et pour 1830, page 134, où il est décrit et figuré. FR.

VENTILATEUR, VENTILATION (*Arts physiques*). Les procédés qu'on fait pour renouveler l'air d'un espace sont de deux espèces : ou l'on agite vivement l'air par des procédés mécaniques, ou bien on détermine un courant en se servant de la propriété des gaz et vapeurs de devenir plus rares par la chaleur, et par conséquent de s'élever spontanément en vertu de leur légèreté spécifique. Dans la première espèce de ventilateurs, on doit classer les SOUFFLETS, les TROMBES hydrauliques, les TARARES, les SOUFFLETS A POMPE pour les forges, et autres ap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pareils mécaniques, qui ont chacun été décrits à son article spécial. Dans la seconde, on placera les Cheminées, Fourneaux d'appel, Manches à air, Vasistas, Séchoirs, Étuves, et autres procédés purement physiques. Comme ces appareils ont été décrits en divers lieux de ce Dictionnaire, et particulièrement au mot ASSAINISSEMENT, il serait superflu d'y revenir ici.

On pourrait encore classer parmi les procédés de ventilation ceux par lesquels on exerce une action chimique sur l'air, de manière à en changer la nature, et par conséquent la densité et les propriétés. L'évaporation de certains liquides, le développement de certains gaz, tels que le chlore, l'oxigène, etc., sont des moyens généralement en usage pour désinfecter l'air. Comme ces procédés sont exposés à d'autres articles, nous nous dispenserons de les reproduire. FR.

VENTOUSE (*Arts physiques*). On donne ce nom à trois appareils différens, que nous examinerons ici l'un après l'autre.

Lorsqu'une cheminée est exposée à recevoir des coups de vent qui refoulent l'air dans le tuyau, on établit une *ventouse* qui repousse la fumée, en déterminant un courant d'air ascendant. Au chambranle de la cheminée et à la partie postérieure, on établit deux planches de plâtre parallèles et à peu près verticales, entre lesquelles on fait arriver l'air soit du dehors, soit seulement de l'intérieur même du tuyau de la cheminée. Cet air vient par un conduit en tôle qui s'ouvre entre les planches de la ventouse.

Le courant, qui est ainsi formé par l'air plus froid que celui de la pièce, et vient s'échauffer au feu de l'âtre, accroît le tirage de la cheminée, donne un aliment au feu, et suffit quelquefois pour empêcher la fumée. Quand le conduit de la ventouse s'ouvre en dehors, il convient de fermer l'orifice par un grillage, pour empêcher les oiseaux d'y faire leur nid, et par conséquent de boucher ce conduit. Du reste, ordinairement, on fait passer ce tuyau sous le parquet, en le recourbant depuis le haut de la ventouse jusqu'au plancher. Comme ce courant d'air est assez incommode aux personnes qui sont voisines du feu, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ferme quelquefois le conduit par une clef ou trappe, afin de ne le laisser ouvert que dans les cas où il est nécessaire.

La *ventouse* de chirurgien est une petite cloche de verre dont l'entrée est arrondie et étroite : on peut y suppléer par un verre ordinaire. On allume deux bouts de petites bougies, ou un peu de papier ou d'étoupes, que l'on fixe sur une carte placée sur la peau, et on recouvre aussitôt ce petit appareil avec la ventouse. L'air intérieur est très raréfié par la chaleur ; il ne peut d'ailleurs entretenir la combustion : le feu s'éteint, et le refroidissement fait adhérer fortement le vase à la peau, déja irritée par la chaleur. La peau se gonfle, le sang s'y accumule, et lorsqu'on retire la ventouse (ce qu'on fait en comprimant la peau près de son bord pour laisser un passage à l'air extérieur), il ne reste plus qu'à scarifier la place avec une lancette ou un bistouri, et, pour produire l'évacuation du sang, à appliquer de nouveau la ventouse.

Quelquefois la ventouse est un appareil pneumatique où l'on fait le vide avec un piston, et les mouchetures sont produites par un instrument garni de 10 à 12 pointes de lancettes.

En hydraulique, les *ventouses* sont des tuyaux destinés à laisser échapper l'air qui s'amasse dans les tuyaux ; nous en avons déja parlé à l'article Conduite. Lorsque les conduites présentent des inflexions dans le sens vertical, l'air, entraîné par le courant d'eau, se porte au sommet de ces courbures, y forme une couche qui non seulement ralentit le cours, mais même doit l'arrêter tout-à-fait, lorsque la charge d'eau ne peut plus surmonter la force d'élasticité de cette couche d'air.

La ventouse est un tuyau vertical embranché sur le sommet de la courbure de la conduite, et qu'on élève plus haut que le niveau de sa source. L'eau y monte et y reste suspendue, et l'air peut sortir par cette espèce de cheminée. On recourbe ce tuyau pour empêcher la poussière et les ordures de s'y amasser.

C'est même par ce principe que sont construits les *soutérasis* de Constantinople (fig. 4, Pl. 19, des Arts physiques). La source

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est en R ; la conduite (dont nous avons accourci l'étendue dans la fig.) est interrompue par un tuyau ascendant tenant lieu de ventouse pour la sortie de l'air : ce tuyau vient verser l'eau dans une bache B, d'où elle redescend dans une nouvelle conduite, et est encore interrompue par une autre ventouse ; et ainsi de suite, chaque fois qu'on le juge utile. Ce système de tuyaux ascendant et descendant est soutenu par une bâtisse en maçonnerie, et chaque cuvette est située un peu plus bas que celle qui la précède, et peut servir à son tour de réservoir de distribution. Le calibre des tuyaux est proportionné au volume d'eau à débiter.

On se sert aussi d'un robinet placé au sommet de la courbure. On laisse ce robinet ouvert pendant que l'on met l'eau dans la conduite, jusqu'à ce que l'air se soit échappé ; on le ferme quand l'eau commence à jaillir. On peut encore disposer une soupape semblable à celle de sûreté, tellement disposée qu'elle laisse sortir l'air, et se ferme d'elle-même lorsque l'eau vient prendre sa place et remplit le tuyau.

Cet usage des soupapes, lorsque les conduites ont des pentes et contre-pentes, est très bien entendu. Voici la description que M. Girard a donnée de cet appareil, représenté Pl. 19, fig. 5.

La ventouse est composée d'un cylindre *a*, en cuivre fondu, de 2 décimètres de diamètre extérieur sur 3 $\frac{1}{2}$ de hauteur, communiquant avec le tuyau de conduite par un cylindre vertical *b* d'un décimètre de diamètre, boulonné sur une tubulure *d*. Ce vase porte intérieurement deux traverses *e e*, percées chacune d'un trou dans lequel coule librement une tige de métal *f*, formant l'axe matériel d'un globe creux de laiton *g*, destiné à servir de flotteur. Cet axe est terminé en haut par un corps conique *h*, qui sert à boucher un orifice *i*, de même forme, pratiqué dans le fond horizontal supérieur de la boîte de la ventouse, quand le flotteur est soulevé par la charge d'eau.

Lorsque l'air de la conduite a pénétré dans la boîte de la ventouse, et y a acquis assez de densité pour faire descendre convenablement le niveau de l'eau, le flotteur *g* s'abaisse avec le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fluide, entraîne l'obturateur conique *h*, que porte son axe *f*, et laisse ouvert l'orifice de la ventouse par lequel l'air s'échappe peu à peu. L'eau, sous même volume, pesant près de 77 fois plus que l'air, il s'ensuit que, quelle que soit la densité de l'air dans la ventouse, cette densité ne peut jamais devenir telle, que le poids du volume déplacé par le globe soit égal à celui du même volume du liquide : par conséquent, si le niveau de l'eau baisse, et qu'une partie du globe surnage, le poids du flotteur augmente, ce qui en détermine l'abaissement, ainsi que l'ouverture de la soupape. Il n'y a que l'action de l'air comprimé contre la partie inférieure de l'obturateur qui s'oppose à ce mouvement ; mais cette action est trop faible pour pouvoir détruire l'effet dû à l'abaissement du niveau de l'eau. Ce moyen de se débarrasser de l'air a l'avantage de n'exiger aucune surveillance. La dépense pour une ventouse de ce genre est évaluée à 325 francs. FR.

VERDET (*Technologie*). Nom que l'on donne vulgairement dans le midi de la France au *vert-de-gris* qu'on y fabrique presque exclusivement. *V.* VERT-DE-GRIS. L.

VERGETIER (*Technologie*). On donne quelquefois le nom de VERGETIER à l'ouvrier qui s'occupe exclusivement de l'art de fabriquer les *vergettes* ou brosses à brosser les habits. *V.* BROSSIER, tome III, page 573. L.

VERGETTE. *V.* BROSSIER.

VERGEURE ou VERJURE (*Technologie*). On désigne sous le nom de *verjure* une toile formée de fils de laiton parallèlement disposés, dont on garnit les formes avec lesquelles on fabrique le papier. On suit plusieurs systèmes dans la disposition des fils de laiton, et dans la proportion du calibre de ces fils avec les vides ou intervalles qu'on réserve entre eux. *Voyez* FORMAIRE, tome XV, page 508.

La verjure doit être arrangée sur la forme, d'après le système tant de plein que de vide qui convient dans tous les cas où l'on fabrique les moyennes et les petites formes peu usitées ; mais quand on fabrique des papiers un peu forts, on doit tenir les intervalles un peu plus larges que le diamètre des brins de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toile, pour que la feuille de papier prenne une certaine épaisseur au moyen du plus grand vide, qui absorbera une plus grande quantité de pâte, lorsque l'ouvreur envergera; car la pâte qui entre dans la composition des feuilles de papier est toujours en raison des intervalles qu'on a laissés entre les brins de la toile de la forme.

Les verjures sont sujettes à se déranger et a perdre leur parallélisme. Ce défaut influe sur la qualité des papiers, relativement à l'épaisseur des papiers, à la grosseur du grain, etc. Lorsque les verjures se rapprochent, ce qui est assez commun, cette irrégularité produit des défauts dans le grain des papiers, lorsqu'on n'y remédie pas de suite : les intervalles, devenus plus grands, grossissent le grain dans ces parties. Les fils de la verjure rapprochés appauvrissent l'étoffe dans d'autres, et lorsqu'on les regarde contre le jour, on voit des ombres très sensibles et allongées qui marquent la trace des baguettes épaisses de la pâte qui s'est insinuée dans les vides élargis, et, à côté, des jours aussi allongés, formés par les verjures rapprochées. Le seul moyen d'éviter ces défauts serait d'employer les fils de laiton tels qu'ils sortent de la filière, et sans les faire recuire : alors ils auraient toute la consistance que peut leur donner l'écrouissage de la filière. C'est ainsi que le pratiquent les Hollandais. L.

VERMICELLIER (*Technologie*). L'artiste qui fabrique les vermicelles, les lazagnes, les macaronis, et en général toutes les pâtes connues sous le nom de *pâtes d'Italie,* se nomme *vermicellier.*

On peut faire des pâtes avec toutes les espèces de farines qui servent à faire du pain. Les meilleures farines étant celles de froment, elles font le meilleur pain; ce sont aussi celles dont on se sert ordinairement pour faire les pâtes. Le gruau est un grain concassé et dépouillé de son écorce; c'est la partie la plus dure et la plus sèche du grain; c'est surtout celle qui logeait le germe, qui est ferme et blanche comme l'amande. Les vermicelliers font moudre haut les blés pour les mettre en gruau le plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il est possible : c'est la manière de moudre qui produit la semoule, base de toutes les pâtes.

L'eau dont on se sert pour pétrir la semoule doit être bien pure; elle doit bien dissoudre le savon : de l'eau dure ferait une mauvaise pâte, qui n'aurait pas de liant et qui se briserait en cuisant. On met ordinairement douze livres d'eau pour cinquante livres de semoule; il vaut mieux être obligé de remettre de la semoule en pétrissant, que de l'eau, parce que c'est une bonne qualité de ces pâtes de sécher promptement.

Il faut convertir la semoule en pâte, pour en composer ensuite soit des vermicelles, soit des macaronis, soit des lazagnes, etc. Il n'est point nécessaire de mettre le levain dans la composition des pâtes, elles se conservent mieux. On les pétrit à l'eau chaude avec force et vitesse, afin de leur conserver la chaleur. Lorsque la pâte est pétrie, on la ramasse sur le devant du pétrin; on la couvre d'un linge propre, sur lequel on en met un second; ensuite on monte dessus pour piler la pâte en la foulant fortement avec les pieds pendant deux ou trois minutes.

Après que l'ouvrier est dessus la pâte, il la brie pendant deux heures consécutives. La *brie* est un morceau de bois de dix à douze pieds de longueur, plus gros d'un bout que de l'autre; elle a un côté tranchant à l'extrémité par laquelle elle est attachée au pétrin. L'ouvrier est à moitié assis sur l'autre extrémité de la brie, c'est-à-dire qu'il a la cuisse droite sur cette extrémité, qu'il tient aussi de la main droite, tandis qu'il frappe prestement du pied gauche contre terre pour s'élever avec la brie et lui donner le mouvement, ayant la main gauche en l'air et en l'agitant. On continue ainsi jusqu'à ce que la pâte soit suffisamment écrasée et briée.

Quand on a fait la pâte, comme je viens de le dire, il suffit de la réduire en filets minces, en tuyaux, en lanières, pour en former les vermicelles, les macaronis, les lazagnes. Cette opération se fait par le moyen d'une forte presse. Cette presse est verticale; le patin que porte l'extrémité de la vis entre juste

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un verre cylindrique en cuivre, ou mieux en fonte de fer, que l'on nomme *cloche;* on met dans le fond une espèce de crible parsemé de petits trous de la grosseur que doit avoir le vermicelle. La cloche est enveloppée d'un réchaud dans lequel on tient de la braise. On remplit la cloche de pâte; elle s'y échauffe par la braise, et devient liquide : l'action de la presse la fait sortir en filets, que l'on refroidit aussitôt, et que l'on sèche par un ventilateur, au fur et à mesure qu'elle sort. Lorsque les filets ont acquis une longueur d'un pied, on les prend avec la main, et on les casse par une secousse près du crible; et en les déposant sur un papier ou sur un carton, on les entortille, comme on le voit dans le commerce.

Pour former les macaronis, on emploie la même pâte que pour les vermicelles, avec la différence qu'elle doit être moins ferme que celle-ci. On place au fond de la cloche de la presse le moule des macaronis, et on le remplit de pâte; on met la braise, et l'on presse; les macaronis sortent en lanières, dont on rapproche les bords qui se collent : alors ils forment le tuyau. La pâte des macaronis est faite avec de la semoule, comme je l'ai dit.

Les lazagnes se font comme les macaronis et avec la même pâte. On se sert du même moule que pour les macaronis; mais on ne les plie pas en tuyaux, ce sont des rubans. Ils sont d'autant plus estimés qu'ils sont plus minces et plus blancs.

Les Italiens imitent, avec les mêmes pâtes, le riz, les graines de courges, de melons, etc. Ils en font en lozanges, en cœurs, en étoiles, et de mille manières différentes. Toutes ces formes dépendent des moules avec lesquels on les coupe.

On fait, en Italie, une espèce de macaroni qu'on appelle *Tagliati*, beaucoup meilleur que le macaroni ordinaire. En voici la préparation : Cassez dans un plat un certain nombre d'œufs frais; battez-les bien comme pour en faire une omelette; ajoutez-y du sel, du poivre et des épiceries, et, en battant toujours, autant de farine de froment qu'il en faut pour former une pâte qui ne s'attache plus au plat. Après l'avoir convenablement travaillée avec le couteau, étendez-la en feuilles minces; met-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tez ensuite dix ou douze de ces feuilles l'une sur l'autre, et coupez-les en très petits filets avec un bon couteau; étendez sur une planche et sur un papier, et mettez sécher à l'air ces filets, qui ne doivent point se coller les uns aux autres, si la masse a l'épaisseur convenable, et si l'on a bien saupoudré les feuilles de farine.

On apprête ces pâtes, soit fraîches, soit séchées, avec du lait ou du bouillon : de toute manière, c'est un fort bon mets. On conserve ces *Tagliati* dans une boîte et dans un lieu sec, pourvu qu'on ait bien fait sécher la pâte avant de l'enfermer.

J'ai fait souvent de ces pâtes, qui sont excellentes; il y a quelques précautions à prendre pour les apprêter. On fait d'abord bouillir la pâte dans l'eau pour la faire gonfler; on n'en met au plus que la moitié du pot, et l'on remplit d'eau. Lorsque l'eau bout, le pot se trouve plein; on égoutte l'eau, que l'on conserve. On met dans une casserole du beurre frais; lorsqu'il est bouillant, on y jette une forte pincée de persil bien haché, avec un anchois qu'on laisse cuire quelques instans; ensuite on retire la casserole du feu, on y jette le *Tagliati* gonflé, et l'on verse dessus un verre de l'eau dans laquelle il a bouilli; on remet sur le feu, on fait bouillir quelques minutes, en faisant sauter de temps en temps; ensuite on ajoute du lait pour former une sauce suffisamment longue. Il n'est pas nécessaire d'ajouter ni sel ni poivre, si la pâte a été bien assaisonnée; du reste, on goûte, et l'on ajoute les assaisonnemens nécessaires. C'est un mets délicieux : aucun de ceux à qui je l'ai fait goûter sans les prévenir n'a pu deviner ce qu'il mangeait. L.

VERMILLON. Dans l'article Cinabre, nous avons vu que ce deuto-sulfure de mercure est d'une belle couleur rouge; que, lorsqu'étant en poudre fine, sa nuance rouge est très vive; il prend le nom de *vermillon*. Il est insoluble dans l'eau, infusible et indécomposable par la chaleur; il se volatilise à une température voisine de la chaleur rouge; ses vapeurs condensées forment des masses composées d'aiguilles hexaèdres. Le grillage le décompose facilement; il se transforme, en s'enflammant, en gaz sulfureux et en mercure métallique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est réduit par beaucoup de corps, même par l'hydrogène et par le charbon. Les alcalis et les terres alcalines le réduisent par la voie sèche. Il n'est pas facilement attaquable par les acides, mais l'eau régale le dissout bien. Il correspond au deutoxide.

Comme le cinabre, le vermillon contient

1 atome de mercure.	1265,8	ou	0,863
1 —id.—de soufre.	201,1	. . . .	0,137
	1466,9	. : . .	1,000

Le deuto sulfure de mercure se prépare directement par voie sèche, en chauffant le soufre et le mercure à une température ménagée. On l'obtient aussi par voie humide, quand on chauffe la dissolution d'un sulfure alcalin avec du soufre et du mercure.

Le premier de ces procédés donne le *cinabre entier* proprement dit; au moyen du second, on prépare le vermillon. Celui-ci peut cependant être obtenu par le broyage du premier. A cet effet, quand on a obtenu le cinabre sublimé, on le broie à l'eau sous des meules pendant très long-temps. Il faut employer de l'eau distillée ou de l'eau de pluie. On extrait ensuite, par décantations, des vermillons de diverses qualités. On n'en obtient pas moins de vingt-quatre nuances.

Le vermillon se livre au commerce dans des sacs de peau.

Quoiqu'on prolonge et qu'on répète plusieurs fois le broyage du vermillon ainsi préparé, jamais on ne parvient à lui donner l'éclat du vermillon de la Chine. On a essayé d'y parvenir en l'arrosant d'acide nitrique et le lavant ensuite. On s'est servi, dans le même but, d'urine et même d'eau pure. Il paraît qu'en laissant le vermillon long-temps sous l'influence de l'eau, sa couleur s'avive d'elle-même.

Tous ces moyens et beaucoup d'autres n'ont servi qu'à montrer qu'il existe une différence radicale entre les procédés employés en Chine, et les seuls que l'on ait connus en Europe pendant long-temps. Depuis quelques années, on a trouvé le moyen de fabriquer, par la voie humide, du vermillon, qui ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le cède en rien aux plus beaux produits de la Chine. C'est une industrie naturalisée maintenant en France.

Kirchoff a indiqué le premier un procédé capable de donner naissance au deuto-sulfure par voie humide. Il paraît incontestable que le vermillon de la Chine est obtenu par un moyen analogue. M. Brunner a soumis dernièrement cette préparation à une suite d'expériences intéressantes.

Le vermillon s'obtient en faisant réagir, à doses convenables, le mercure, la potasse, le soufre et l'eau. On triture d'abord à froid, pendant 3 à 12 heures, suivant la puissance du moyen de trituration, le soufre avec le mercure pour former un éthiops minéral. Quand la masse est devenue homogène, on y ajoute la solution de potasse, en continuant toujours de triturer. On chauffe ce mélange dans des vases en fer. On remue constamment d'abord, puis seulement de temps en temps. Il faut maintenir la température à 55°, autant que possible, et ajouter de l'eau à mesure qu'il s'en perd par l'évaporation, afin de maintenir constamment la même quantité de liquide.

Au bout de quelques heures, le mélange, qui était noir, commence à prendre une teinte brune et rougeâtre; il faut alors user des plus grandes précautions, et ramener la température à 45°. Si le liquide prenait une consistance gélatineuse, on ajouterait de l'eau.

Le mélange de soufre et de mercure doit toujours conserver une forme pulvérulente dans le liquide. La couleur acquiert une nuance rouge, de plus en plus vive, et cet effet se manifeste quelquefois avec une promptitude étonnante. Quand on est parvenu au ton convenable, on enlève le vase de dessus le feu et on le maintient pendant quelques heures à une température douce.

Enfin, on lave le vermillon par décantation, et on en sépare ainsi les portions de mercure métallique qui pourraient s'y trouver mélangées. Si l'on veut avoir un beau vermillon, le MERCURE, la POTASSE et le SOUFRE doivent être très purs. *V.* ces mots.

Les proportions de vermillon obtenues varient avec le de-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sage des matières. M. Kirchoff a fait quelques essais à cet égard; mais les résultats suivans, observés par M. Brunner, sont bien plus complets. Il a toujours employé 300 parties de mercure, et 400 ou 450 parties d'eau.

Soufre.	Potasse.	Vermillon obtenu.
114.....	75.....	330 »
115.....	75.....	331 »
120.....	120.....	321 »
150.....	152.....	382, 5
120.....	180.....	245, »
100.....	180.....	244, »
60.....	180.....	142

Les premières proportions sont donc les plus avantageuses; les dernières, celles de Kirchoff, sont moins bonnes.

La théorie de cette préparation est loin d'être claire. On peut supposer qu'il se forme un sulfure de potassium et de mercure qui serait détruit à la longue, à mesure que l'oxigène de l'air agirait sur le sulfure de potassium lui-même. Il serait possible qu'il se produisît de l'hyposulfite de mercure, qui, sous la même influence, se transformerait en sulfure de mercure et en sulfate de potasse.

Le sulfure de potasse et le mercure fournissent aussi du vermillon, mais il n'est pas beau. L'oxide rouge de mercure, le calomel, le turbith minéral et le mercure soluble d'Hahnemann, traités par le sulfure de potassium, ou l'hydrosulfate d'ammoniaque, peuvent tous donner lieu à la production du vermillon par la voie humide.

Le vermillon du commerce est souvent falsifié par du minium, du colcothar, de la brique pilée, du sang-dragon et du réalgar ou sulfure d'arsenic. La présence des trois premières substances se reconnaît par la distillation; cependant le minium réagit sur le sulfure de mercure et en décompose une partie. Il reste alors du sulfate de plomb. Le sang-dragon étant soluble dans l'alcool, on peut le séparer en faisant bouillir le cinabre avec de l'alcool. Le réalgar est plus difficile à reconnaître; on s'assure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de sa présence par l'odeur de la vapeur, qui se dégage en grillant le cinabre. Pour en connaître les proportions on traite le mélange dans un creuset par du carbonate de soude et un excès de nitre : le mercure se dégage, le soufre forme un sulfate et l'arsenic un arséniate ; on dissout le résidu dans l'eau, on le rend acide par l'acide hydrochlorique, et on en précipite l'arsenic au moyen d'un courant d'hydrogène sulfuré.

Le vermillon est une des COULEURS fines les plus solides, on l'emploie dans les PEINTURES à l'huile ou à l'eau.

P.

VERNIER, NONNIUS (*Arts de calculs*). On donne ce nom à un appareil qui sert à fractionner les intervalles entre les points de divisions ou parties égales d'une ligne droite, ou d'un arc de cercle. C'est à un géomètre nommé *Vernier* que cette invention ingénieuse est due, quoiqu'on l'ait long-temps attribuée à *Nonnius*, qui y avait attaché son nom. Voici en quoi elle consiste :

Si la longueur AB (fig. 2, Pl. 16, des Arts de calculs), formée de 5 parties égales, est divisée en 6 sur CD=AB, aux points 1, 2, 3, 4, 5, la longueur A 11, que nous désignerons par a, sera le 5^e de AB, et C 1 en sera le 6^e, savoir :

$$A\,11 = \frac{1}{5}\,AB,\quad C\,1 = \frac{1}{6}\,AB,$$

et la différence sera

$$A\,11 - C\,1 = \frac{1}{5}\,AB - \frac{6}{1}\,AB = \frac{1}{30}\,AB = \frac{1}{6}\,a.$$

Donc, en appliquant les deux règles AH, CD, comme on le voit dans la figure, D sur B, C sur A, le n° 11 dépassera le n° 1 de $\frac{1}{6}a$, dépassera 2 de $\frac{2}{6}a$, 13 de $\frac{3}{6}a$, et ainsi de suite.

D'après cela, supposons que la petite règle soit appliquée en C' D', et qu'on veuille évaluer la fraction de la distance d, qui répond à l'intervalle $13i$, où le point C' répond en i sur la grande règle, en parcourant des yeux les divisions de C' D', on trouve que les points 5 et H de deux divisions exactes sont en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coïncidence, et on en conclut que la fraction 13 i est $\frac{5}{6}a$. En effet, 4 est au dessous de 17 de $\frac{1}{6}a$, 3 au dessous de 16 de $\frac{2}{6}a$, etc. Enfin, C′, au dessous de 13 de $\frac{5}{6}a$; ainsi, le point C′, qui est le zéro de la petite règle, répond à 13, $\frac{5}{6}$ de la division de la grande règle.

L'usage du vernier est facile à concevoir. Lorsqu'une longueur doit être mesurée avec une règle divisée en parties égales, et qu'on a trouvé que cette distance, comptée depuis l'origine ou le zéro de la grande règle, se termine en un point i, on trouve, en appliquant à ce point i la réglette du vernier C′D′, quelle est la fraction 13 i de division qui a 13 i pour longueur, et que la distance demandée est composée de 13 unités, plus une fraction, exprimée en sixièmes, dont le numérateur est donné par le chiffre du nonnius, qui se trouve en coïncidence exacte avec quelqu'une des divisions entières de la grande règle.

Pour évaluer les fractions en dixièmes d'unité, il faudrait de même prendre sur la réglette du vernier une longueur formée de neuf unités, et la diviser en dix. C'est ce qui est représenté par la fig. 3, et l'on remarque que, dans l'exemple qui y est figuré, la longueur qu'on veut mesurer est formée de 57 unités de l'échelle, plus six dixièmes, ou 57,6, parce que le zéro du vernier marque un point entre 57 et 58, et que le chiffre du vernier qui répond à deux traits en coïncidence est 6.

Comme ce procédé suppose la coïncidence de deux traits, l'un sur le vernier, l'autre sur la règle qui sert à mesurer, on conçoit qu'il faut que les divisions soient très rapprochées sur l'une et l'autre. En général, si $n-1$, parties égales de la règle, sont divisées en n sur le vernier, celui-ci donnera la fraction en n^{es}, et si le k^e, point de division du vernier, est en coïncidence avec un de ceux de la règle, la fraction demandée est $\frac{k}{n}$, en lisant le chiffre k sur le vernier, et le nombre entier sur la règle, à la division qui répond un peu avant le zéro du vernier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le même principe s'applique aux fractions des arcs de cercle sur les instruments destinés à mesurer les angles. Si une circonférence est divisée en 360 arcs égaux ou *degrés*, et que l'alidade mobile soit solidaire avec une pièce qui, affleurant le limbe, porte un autre arc concentrique, sur lequel 59 degrés soient divisés en 60 parties égales, il suit de ce qu'on vient de dire que les subdivisions de ce vernier seront consécutivement en arrière de leurs correspondantes de $\frac{1}{60}$, $\frac{2}{60}$, $\frac{3}{60}$..... C'est-à-dire de 1′, 2′, 3′.... Ainsi, le zéro du vernier indiquera sur le limbe le nombre entier de degrés qui s'y rapporte, et on lira le nombre de minutes sur le trait du vernier, numéroté de 0 à 60 successivement, qui coïncide avec un trait du limbe.

Si d'abord on a placé l'alidade CA, fig. 4, en faisant coïncider le zéro du vernier avec le zéro du limbe, et si l'on a tourné le cercle de manière que CA soit dirigé vers un objet éloigné, puisqu'ayant fixé l'instrument dans cette position, on dirige l'alidade selon CB vers un autre objet; l'angle formé par les deux rayons visuels CA, CB, sera mesuré par l'arc de cercle entre les deux positions du zéro du vernier, c'est-à-dire l'arc compris depuis le zéro du limbe jusqu'au point du même limbe que vient affleurer CB dans cette seconde position. On lira donc sur le limbe la partie entière de la graduation, et sur le vernier la partie fractionnaire, c'est-à-dire le nombre de minutes, lequel est indiqué par le chiffre du trait du vernier qui est en coïncidence avec l'un des traits du limbe.

Si les degrés étaient partagés sur le limbe en trois parties égales, chacune de 20 minutes, il suffirait de prendre sur le vernier 19 de ces parties et de couper cet arc en 20 pour avoir la minute; et si l'on divisait 59 de ces parties du limbe en 60, on aurait des 60es de 20 minutes, ou des fractions de 20 secondes. On a soin de marquer les divisions du vernier de chiffres qui rendent ces lectures faciles. Dans les cercles répétiteurs et les théodolites de 6 à 8 pouces de rayon, on divise ordinairement chaque degré en 12; chaque subdivision est alors de 5 minutes; on trace sur le vernier un arc contenant juste 59 de ces parties,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et on le divise en 60; alors on lit des fractions de 5 secondes. Le vernier est marqué de traits longs, chiffrés 0, 1, 2, 3, 4 et 5, qui répondent aux minutes, et de 12 traits courts qui désignent les secondes de 5 en 5. FR.

VERNIS. Nous entendons par ce mot un liquide ou toute autre substance qui, appliquée sur la surface des corps, y demeure diaphane, leur communique un aspect brillant à peu près semblable à celui qu'ils pourraient avoir s'ils étaient mouillés, et qui, enfin, fait l'office d'une glace derrière laquelle ils se trouveraient placés.

L'usage des vernis, très ancien chez les Indiens et les Chinois, n'était point connu des Grecs à l'époque où les arts florissaient chez eux.

Il paraît, d'après Pline, qu'Apelles fut le premier et le seul qui s'en servit; encore ignorons-nous s'il se servait du même vernis que les Chinois, ou d'une composition qu'il avait imaginée. L'historien se contente de dire que ce célèbre artiste ne fut imité par personne, parce qu'il enduisait ses tableaux, après les avoir terminés, d'un *atramentum* qui leur communiquait un aspect brillant, faisait ressortir l'éclat des couleurs, et les garantissait de la poussière et de tout ce qui aurait pu nuire à leur conservation. Toutes ces propriétés ne peuvent appartenir qu'à un vernis, mais elles n'en indiquent point la composition.

Le vernis des Chinois et des Japonnais est une résine produite par l'*aylanthus glandulosa*, de la famille des térébenthacées, et que les naturels du pays connaissent sous le nom de *tsi-chou*, ou arbre au vernis. Cet arbre croît naturellement dans beaucoup de provinces de la Chine et du Japon; il croit également très bien en Europe, et y acquiert un très grand développement. Quoique cet arbre soit abondant à la Chine et au Japon, il paraît que les habitans de ces pays le cultivent, et que la résine qu'ils en obtiennent alors est préférable à celle produite par le même arbre qui a cru spontanément. Cette résine, demi-fluide, qui a à peu près la consistance de la térébenthine la plus liquide, se récolte à plusieurs époques de l'année. Pour l'obtenir, il suffit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de pratiquer des entailles à l'écorce des arbres au moyen d'un instrument tranchant, comme cela se pratique en Europe pour la récolte de la térébenthine.

Il paraît que cette résine jouit de qualités différentes, suivant l'époque à laquelle elle a été recueillie. Les naturels du pays la mêlent en certaines proportions, et après avoir subi quelques modifications; ce mélange constitue le vernis dont ils se servent pour recouvrir les jolis ouvrages qu'ils nous expédient par le commerce de Canton, et que nous connaissons sous le nom de laque de la Chine et du Japon.

L'*aylanthus glandulosa* que l'on cultive en France comme arbre d'ornement produit également la résine fluide dont nous avons parlé, et on peut l'obtenir par le moyen décrit ci-dessus; mais notre climat ne modifie-t-il pas ses propriétés ? est-elle identique avec celle récoltée à la Chine? Enfin, malgré tout ce qui a été écrit sur ce sujet, connaissons-nous bien le mode de préparation auquel les Orientaux la soumettent avant de l'employer? etc. Nous ne le pensons pas. Et quand bien même toutes ces questions seraient résolues affirmativement, il ne nous semble pas probable qu'il serait possible de substituer cette résine, vu la petite quantité que chaque arbre paraît susceptible d'en produire dans notre pays, et la masse énorme de vernis employé journellement pour les besoins de notre industrie.

Il en est à la Chine et au Japon du vernis qui s'y fabrique, comme de toutes les autres pratiques employées par l'industrie de ces pays. Les naturels en gardent soigneusement le secret; les lois de ces peuples mêmes s'opposent à ce que le peu d'étrangers qui pénètrent chez eux ne puissent rien rapporter; leur discrétion, principalement sur la fabrication du vernis, est poussée à tel point, qu'au dire des voyageurs européens qui ont pénétré en Chine, il ne sort jamais de ce pays de la résine qui constitue le vernis, sans avoir subi préalablement, de la part de ceux qui l'expédient, quelques altérations qui la rendent impropre au vernissage.

Cette résine n'est d'aucun usage en Europe, et n'est recherchée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que comme objet de science ou de curiosité; aussi ne nous étendrons-nous point davantage sur ses propriétés et sur l'arbre qui la produit; nous nous bornerons à renvoyer, pour plus amples détails, au Mémoire de Dincarville, tome III, des *Savants étrangers*.

Les jésuites missionnaires étant ceux qui pénétrèrent les premiers en Chine furent également les premiers qui donnèrent des renseignements sur la fabrication des vernis. Ils publièrent diverses notices sur ce sujet et sur les moyens de vernissage employés par les peuples du Levant. Si les peintres européens ne participèrent pas aux premiers essais tentés par les jésuites, il y a tout lieu de croire qu'ils suivirent ceux-ci de très près, car ils sentirent les premiers le besoin de se servir des vernis; et, à l'imitation du célèbre peintre grec, ils en recouvrirent leurs ouvrages, afin d'en augmenter l'éclat et de les garantir des agents extérieurs.

Le goût et le luxe ayant étendu l'usage des vernis à une foule d'objets divers auxquels ils n'étaient pas destinés dans le principe, un grand nombre de personnes de diverses professions durent nécessairement s'occuper de leur fabrication. On modifia de mille manières les formules déja connues, afin de les adapter aux objets auxquels on les destinait. Chacun gardait alors très soigneusement le secret de la composition dont il se servait, la regardant toujours comme préférable à celle de tel ou tel autre, bien qu'elle ne différât souvent que par des additions complètement inutiles. Il parut une foule de livres, et la plupart copiés les uns sur les autres, tous remplis des formules les plus bizarres, le plus souvent inexécutables, et malgré cela toujours annoncées comme des procédés merveilleux.

Tel était encore l'état des connaissances que nous possédions sur la fabrication des vernis vers le milieu du dix-huitième siècle, bien que l'on ait eu déja occasion d'admirer les beaux ouvrages qui firent la réputation des célèbres vernisseurs Martin et Clément (1). Enfin, vers la fin de ce même siècle, parut l'ou-

(1) Martin et Clément furent deux vernisseurs qui se rendirent célèbres en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vrage de Watin, qui, sans être exempt d'erreurs et des préjugés alors accrédités, jeta cependant quelque lumière sur l'art du vernisseur. Après lui, Tingry, savant professeur de chimie, à Genève, en publiant, au commencement du dix-neuvième siècle, sous le titre de *Traité des vernis*, etc., un livre parfaitement au niveau de la science alors, et qui fit époque en ce genre, fit connaître une foule de recherches très minutieuses auxquelles il s'était livré, tant sur la copale que sur les autres substances qui entrent dans la composition des vernis.

Quoique les sciences et les arts aient fait de très grands progrès depuis la publication de ces deux ouvrages, ils sont encore maintenant ce que nous connaissons de mieux fait et de plus complet sur ce sujet.

Avant de traiter de la fabrication des vernis, il est bon d'indiquer les propriétés des substances qui entrent dans leur composition; mais le cadre du Dictionnaire ne permettant pas de les passer toutes en revue, nous nous bornerons à faire connaître les caractères principaux de celles qui sont le plus généralement employées. Nous commencerons par les bitumes, les résines, et nous terminerons par les liquides qui servent de véhicule.

L'*asphalte* ou *bitume de Judée* est une substance minérale qui offre dans sa composition la plus grande analogie avec les substances végétales. Aussi pense-t-on généralement qu'elle est due, ainsi que les autres espèces du même genre, à la décomposition de certains arbres résineux enfouis dans le sein de la terre. Bien que le bitume soit un peu plus lourd que l'eau ordinaire, on le trouve en Judée dans le lac Asphaltite, d'où il tire son nom. Les eaux de ce lac étant salées, et jouissant par cela même d'une pesanteur spécifique plus grande, il nage à la

---

ce genre; mais soit qu'ils ne fussent que de simples ouvriers sans instruction qui mirent seulement plus de soin dans leurs manipulations, ou qu'ils tinrent constamment cachés leurs procédés de vernissage, ils n'ont rien laissé; Martin seulement a donné une ou deux formules de vernis à la copale, qui, malgré la réputation de l'auteur, sont loin de ce que nous connaissons aujourd'hui.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

surface. Sa cassure est conchoïde et d'un beau noir luisant. Il est sec, solide, très friable. Son odeur est peu sensible à froid; mais elle se développe par le frottement, et il acquiert en même temps l'électricité résineuse ; il brûle avec flamme, et laisse peu de résidu.

De tous les bitumes, celui que nous décrivons est le plus généralement employé pour la fabrication des vernis noirs, et principalement de ceux que l'on applique sur le fer pour des ouvrages extérieurs. Préparé convenablement, les peintres de tableaux tirent un tel parti de sa belle transparence, que, malgré l'inconvénient qu'il y a de l'employer dans la peinture fine, et qu'ils connaissent tous, ils n'ont rien trouvé jusqu'à présent qui puisse le remplacer.

On le falsifie le plus ordinairement avec de la poix noire, ou le résidu de la distillation du succin, dans la fabrication de l'acide succinique. Ces deux substances sont faciles à reconnaître; la première est plus facile à casser que le bitume; son odeur n'est pas la même; elle se ramollit entre les doigts; fondue dans les liquides qui servent à la fabrication des vernis, elle ne sèche que très difficilement. La seconde est plus dure que le bitume; sa cassure est conchoïde, rayée et terne ; elle ne se fond pas. Quand on la chauffe dans un vase avec des huiles fixes, elle les absorbe, se ramollit, se gonfle à peu près comme une éponge, et reste en cet état, à moins qu'on porte la température à un très haut degré.

Résine copale. On connaît dans le commerce deux résines qui portent ce nom, et le plus souvent mélangées ensemble. L'une est très dure et l'autre est tendre; on les emploie également à la fabrication des vernis : mais les résultats qu'elles produisent sont tellement différens qu'il est bon de faire connaître les caractères qui appartiennent à chacune d'elles.

Copale dure. Cette résine, qui est la plus estimée, nous arrive de l'Inde. Après avoir été mondée au vif, pour nous servir de l'expression des négociants, elle est d'un blanc legèrement jaunâtre ou fauve, et quelquefois citron, suivant le degré de pureté dont elle jouit. Elle est tellement dure que l'ongle n'y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laisse aucune trace; on est obligé d'avoir recours à un instrument en fer pour l'entamer. La cassure est vitreuse, et lorsqu'elle est sans couleur, les petits fragmens qui s'en détachent en la brisant ressemblent complètement à des morceaux de cristal. La croûte extérieure qui la recouvre est d'une teinte plus foncée, terne, et toujours marquée de l'empreinte d'un sable très grossier dans lequel elle paraît avoir séjourné; quelquefois même ce sable y adhère encore. A froid, elle est insipide et presque inodore; elle se ramollit au feu; elle exhale une odeur particulière; elle ne se fond qu'à une température très élevée; et, pour y parvenir sans la colorer, il faut se servir d'un ballon de verre, et l'exposer avec précaution à l'action d'un brasier assez ardent pour en rougir le fond en très peu d'instants. Alors elle se ramollit, se gonfle et se fond. La portion fondue entre en ébullition et se tuméfie au point d'occuper un espace triple ou quadruple; cette tuméfaction continue jusqu'à ce que la fusion soit complète; enfin, elle s'affaisse et bout tranquillement. Pendant tout ce temps, il s'en dégage une huile volatile très abondante et très âcre qui fait mal aux yeux et à la gorge.

La composition de la résine copale paraît très complexe. L'alcool à 45° n'en dissout qu'une très minime quantité. Le résidu insoluble, traité par l'éther, est également attaqué, mais non complètement dissous; et après avoir épuisé l'action de ces deux agents sur cette substance, il y a toujours un résidu très considérable. Les huiles volatiles de lavande, d'aspic, de romarin, le camphre dissous dans une huile volatile ou l'alcool dissolvent à froid une petite quantité de copale. L'essence de térébenthine, avec laquelle on la combine très aisément, en la fondant d'abord, comme nous le dirons plus loin, n'a sur la copale aucune action à froid. Les huiles fixes sont tout-à-fait dans le même cas.

La résine copale a beaucoup d'analogie avec le succin; comme lui, elle renferme très souvent des insectes. Soumise à la distillation, elle donne, ainsi que l'annonce M. Guibourt, de l'eau, de l'huile et du charbon, en aussi grande quantité que le succin; plus, la matière jaune observée par MM. Robiquet,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et Colin, dans l'examen chimique de ce dernier ; mais elle en diffère cependant par l'absence de l'acide succinique.

Nous ne connaissons point l'arbre qui produit la copale ; Lémery l'a attribuée à un arbre semblable à un courbaril qui croît aux Antilles ; d'autres, au *rhus copallinum* qui croît au Mexique; d'autres, enfin, au *vateria indica* de Linné (*eleocarpus copallifera* de Retz). Comme on trouve cette résine dans la terre, et non sur l'arbre qui la produit, la question est difficile à résoudre ; mais cependant, d'après les laborieuses recherches de M. Guibourt, il paraîtrait que Lémery serait celui qui s'est le plus approché de la vérité ; seulement, il se serait trompé sur le lieu de son origine.

Copale tendre. Cette résine vient également de l'Inde. Mélangée avec la copale dure, elle est moins pesante que la première; quelques morceaux sont d'une belle transparence ; d'autres, légèrement opaques et comme un peu laiteux. Elle est plus fusible, facile à rayer avec un corps dur ; elle exhale une odeur faible, mais assez agréable. La croûte extérieure porte également l'empreinte du sable dans lequel elle paraît avoir séjourné. Quoique soumise à l'action des agents extérieurs, comme la première, elle n'a point acquis les mêmes propriétés. Cette raison autorise M. Guibourt à penser qu'elle n'appartient pas au même arbre, et cependant il l'attribue à une des espèces du genre *hymenea.* Soumise à l'action de l'alcool froid, elle s'y dissout en partie ; la portion non soluble se ramollit considérablement, et acquiert des caractères analogues à ceux du gluten.

Les huiles volatiles, à froid, ont peu d'action dessus ; celles de lavande, d'aspic et de romarin en dissolvent une petite quantité ; celle de térébenthine la ramollit complètement, lui donne l'aspect d'une gelée tremblante. Lorsqu'en cet état on la presse entre les doigts, on en sépare la portion gélatineuse qui s'allonge et se contracte comme du caoutchouc très mou. En la faisant bouillir avec ces huiles volatiles, elle s'y dissout complètement et en toute proportion.

Gomme-laque. La laque, improprement nommée gomme-laque, est une substance résineuse qui nous vient de l'Inde, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui exude de l'extrémité des jeunes branches du *ficus religiosa*, *ficus indica*, et surtout du *croton lacciferum*, à la suite des piqûres du *coccus lacca*, insecte hémiptère. Cet insecte se renferme dans le suc sorti de ses piqûres, y grossit et y produit une assez grande quantité de vers, qui eux-mêmes se changent en insectes, et s'échappent par une ouverture qu'ils pratiquent lorsque le suc qui les contenait a pris de la consistance.

On connaît dans le commerce trois sortes de laques : la laque en bâton, la laque en grain et la laque plate : toutes trois sont la même chose. La laque en bâton porte ce nom parce qu'elle adhère encore aux petites branches de l'arbre qui l'a produite; celle en grain est la même qui s'est détachée ; enfin, la laque plate est encore la même ; seulement, pour l'avoir en cet état, on l'a soumise à l'action de l'eau bouillante alcalisée pour en séparer une matière colorante rouge, et ensuite coulée en couche mince, sur une surface unie.

Elle est plus ou moins foncée, suivant qu'elle a été plus ou moins bien décolorée, et suivant qu'elle a été coulée en plaques plus ou moins minces. De là les désignations, qu'elle porte dans le commerce, de laque blonde, rouge ou brune.

La laque est d'une nature assez compliquée. Suivant l'analyse publiée par Hatchett, elle contient, outre la résine qui fait la base de plusieurs vernis très recherchés, une matière colorante assez abondante, de la cire et du gluten. Toutes ces laques sont également employées à la fabrication des vernis; indiquer celle à laquelle on doit donner la préférence nous semble inutile, puisque l'artiste doit savoir les choisir pour l'objet auquel il destine le vernis qu'il veut fabriquer.

Mastic. Le mastic est une résine qui nous arrive de plusieurs contrées; mais l'île de Chio paraît être celle où l'on en récolte le plus; on y cultive même avec soin le *pistacia lentiscus* de Linné, qui est l'arbre qui le produit. La récolte s'en fait en pratiquant des incisions à l'écorce de l'arbre; une partie de la résine qui en découle s'attache à l'arbre et s'y solidifie : c'est le mastic en larmes ; celle qui tombe à terre constitue le mastic commun, celui que l'on rencontre le plus ordinairement dans le com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

merce. Cette résine est en larmes d'un jaune pâle ; les plus grandes sont aplaties et de forme irrégulière. La surface est mate et farineuse, effet produit par le frottement continuel des larmes les unes sur les autres.

Sa cassure est nette, et sa transparence n'est pas toujours parfaite. L'odeur en est douce, assez agréable et la saveur aromatique. Quand on le mâche, il s'écrase sous les dents sans y adhérer, et devient très ductile.

Le mastic est composé de deux résines distinctes qui sont faciles à séparer. Si on le traite par l'essence de térébenthine, il en reste environ un dixième qui ne se dissout pas. Après avoir épuisé l'action de cet agent sur ce résidu, si on le traite par l'alcool à 36°, il se dissout complètement, même à froid. Si l'on place ensuite cette solution résineuse dans un vase plat, et qu'on facilite la vaporisation de l'alcool, soit par le soleil ou l'étuve, on obtient une résine un peu brune, dont la transparence n'est pas parfaite, qui exhale une odeur agréable qui rappelle un peu celle de l'encens. L'autre partie, en solution dans l'essence de térébenthine, constitue, si elle est assez chargée, le vernis que l'on applique sur les tableaux.

On falsifie souvent le mastic avec de la sandaraque ; la fraude est facile à reconnaître, d'abord par l'aspect, ensuite par la mastication. Cette dernière résine ne se ramollit pas sous les dents, comme le mastic ; elle se pulvérise. Le moyen le plus certain de découvrir la sophistication est d'en traiter une partie par 4 parties d'essence sans la pulvériser ; le mastic seul se dissoudra, et les grains de sandaraque resteront à peu près intacts, si l'opération a été faite au bain-marie. On doit, avant d'employer le mastic, le laver pour en séparer la terre, et le trier pour enlever toutes les parties ligneuses et les morceaux colorés.

Sandaraque. La sandaraque est une résine qui, suivant Desfontaines, nous vient d'Afrique, et découle du *thuya articulata*, de la monœcie monadelphie, et de la famille des conifères.

Cette résine est en larmes, d'un jaune pâle, recouverte d'une poussière blanche que le frottement y fait naître. Sa cassure est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vitreuse et diaphane ; sa saveur est nulle, et son odeur peu sensible.

Elle est insoluble dans l'eau et dans l'essence de térébenthine.

On la falsifie souvent avec du gros sable blanc, des petits fragmens de cristal de roche, ou encore avec des menus de copale, quand celle-ci est à bas prix. Tous ces mélanges sont faciles à apercevoir, puisque toutes ces substances sont insolubles dans l'alcool, et que la sandaraque, au contraire, s'y dissout complètement.

L'art du vernisseur tire un grand parti de cette résine. Associée avec d'autres qui corrigent un peu sa sécheresse et sa friabilité, elle fait la base de presque tous les vernis à l'alcool. Pour avoir un beau produit, il faut avoir soin de la laver complètement, d'en séparer tous les fragmens ligneux et les morceaux colorés. Les anciens fabricans de vernis recommandaient de la laver avec de l'esprit de vin. Nous pensons que cela est inutile et dispendieux, et qu'enfin le lavage à l'eau et le triage parfait suffisent.

Succin. Le succin est une substance que l'on trouve dans la terre, et que l'on regarde généralement comme d'origine végétale. *V.* l'article Succin, tome XX.

Le succin est à peu près insoluble dans l'alcool. Les huiles fixes et volatiles n'ont aucune action sur lui à froid; mais, étant fondu, on le combine facilement avec ces dernières, et alors il constitue le vernis au succin. Ce vernis, quoique très solide et de bonne qualité, quand il est fait dans de bonnes proportions, est peu employé, parce qu'il est toujours très coloré, et qu'en outre le succin est ordinairement toujours plus cher que la copale, qui peut très bien le remplacer.

Térébenthine. On connaît dans le commerce un assez grand nombre d'espèces de térébenthines, toutes produites par des pins ou des sapins; elles diffèrent entre elles suivant le lieu où on les a récoltées et l'arbre qui les a produites. Elles sont toutes employées à la fabrication des vernis. *V.* l'art. Térébenthine, tome XX.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le galipot. C'est encore un produit des pins et des sapins; on le récolte après la térébenthine, et il est également employé à la fabrication des vernis. On le trouve dans le commerce sous forme de croûtes plus ou moins sèches, jaunâtres, opaques, d'une odeur de térébenthine, d'une saveur amère. *Voyez,* pour le mode de purification, les articles GALIPOT et TÉRÉBENTHINE de ce Dictionnaire.

Tous les produits secondaires des pins et des sapins, tels que la résine, la poix blanche ou de Bourgogne, la poix noire, le goudron, etc., sont également employés au vernissage, et principalement pour les constructions navales. Leurs différents modes de fabrication et de préparation ne pouvant être rapportés ici, nous renvoyons à l'*Histoire des drogues* de M. Guibourt, où il sont parfaitement décrits.

Des fluides employés à la fabrication des vernis.

Les fluides qui servent de véhicule dans la fabrication des vernis sont peu nombreux; ils se réduisent à deux seulement : l'alcool et l'essence de térébenthine. L'huile de lin et de noix, rendues siccatives, entrent également dans la composition de certains vernis; mais elles ne doivent point être considérées comme véhicule, attendu qu'elles ne servent qu'à en modifier les propriétés.

Si nous voulions suivre Tingry et les divers auteurs qui ont écrit sur les vernis, nous en admettrions un plus grand nombre; car l'éther, les huiles volatiles et l'eau même, peuvent être employés et le sont quelquefois; mais les vernis qui en proviennent sont peu employés.

L'alcool que l'on emploie le plus ordinairement pour la fabrication des vernis est de l'alcool commun, c'est-à-dire de mauvais goût, tel que celui que l'on obtient actuellement des cidres, bierres, fécules, mélasses, etc. Le bon ou le mauvais goût sont en effet ce qui importe le moins dans cette circonstance; mais on doit avoir soin qu'il soit pourvu d'une densité convenable, suivant le vernis auquel on le destine, et de plus d'une limpidité parfaite. L'alcool connu dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commerce sous le nom de *trois-six* est celui dont on consomme le plus. Il marque 33° à l'aréomètre de Cartier, et 85° à l'alcoomètre centésimal ; dans cet état, aidé d'une température de 45 à 50°, il dissout très facilement la plupart des résines, et il est propre à la fabrication des vernis.

L'*essence de térébenthine* est une huile volatile que l'on obtient par la distillation des diverses résines qui découlent des conifères. (*Voyez*, pour ses propriétés, l'article HUILE VOLATILE, tome XI).

Cette huile volatile est une des substances les plus importantes pour l'art du vernisseur ; elle entre dans la composition d'un grand nombre de vernis ; elle sert de véhicule à tous ceux connus sous le nom de vernis à l'essence, et à ceux appelés vernis gras.

L'essence du commerce est toujours d'une légère teinte jaune verdâtre ; on doit donner la préférence à celle qui sèche promptement et dont la couleur est la moins prononcée. Quelquefois elle est visqueuse, propriété qu'elle doit ou à de la térébenthine qu'elle contient, ou à une sorte de résinification qui s'opère par le temps ; en cet état, elle sèche difficilement, et ne peut être employée à la fabrication des vernis.

Quand on veut préparer des vernis à l'essence sans couleur, et qui doivent sécher promptement, comme le vernis à tableaux, on doit la distiller de nouveau, afin de l'obtenir incolore et complètement privée du peu de térébenthine qu'elle contient toujours. On attribue à la présence de cette résine le jaunissement et l'aridité que ce vernis acquiert promptement quand il n'est pas préparé avec soin. Pour les vernis employés pour la peinture en bâtiment, il est inutile d'avoir recours à cette opération, car le vernis est toujours assez coloré, et la térébenthine qui peut se trouver dans l'essence ne nuit pas.

Les huiles fixes entrent, comme nous l'avons déja dit, dans la composition de certains vernis que l'on désigne sous le nom de vernis gras. De toutes ces huiles, celle de lin est celle que l'on emploie le plus souvent. La cause de la préférence qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lui accorde tient à ce qu'elle est plus onctueuse que les autres, qu'elle se solidifie plus promptement à l'air, et qu'elle conserve plus de transparence en séchant.

Cette huile, que l'on obtient par contusion et par expression des semences du *linum usitatissimum*, mérite une attention particulière de la part du peintre et du fabricant de vernis. *Voyez*, pour l'extraction, l'article HUILES FIXES, tome XI.

Obtenue à froid ou à chaud, elle est toujours d'une couleur jaune assez prononcée. Cette couleur, que l'on attribue à l'enveloppe de la semence qui contient l'huile, est facile à faire disparaître; il suffit pour y parvenir d'exposer l'huile en couche mince à l'action directe des rayons solaires. Les sels de plomb produisent aussi cette décoloration, mais ce moyen est long; de plus, l'huile, ainsi décolorée, n'est jamais limpide, parce qu'il s'en sépare lentement une petite quantité d'oxide de plomb qui reste en suspension et qui trouble sa transparence. La propriété siccative dont jouit cette huile à un assez haut degré peut encore être augmentée; et cela est presque toujours utile quand on la destine à la fabrication des vernis. Le moyen que l'on emploie est bien connu; il consiste à la combiner avec une plus ou moins grande quantité d'oxide de plomb. Il n'existe peut-être pas dans les arts de procédés qui aient subi autant de modifications que celui-ci. On trouve des recettes pour rendre les huiles siccatives dans tous les anciens ouvrages qui contiennent de prétendus secrets sur les arts. Presque toutes diffèrent entre elles: dans les unes, on recommande l'ail comme une chose très utile; dans les autres, la mie de pain; dans d'autres enfin, on indique l'emploi du talc en poudre et de la terre d'ombre en assez grande quantité; quelques unes de ces recettes réunissent même toutes ces substances. Toutes ces formules simples ou compliquées se réduisaient à la même chose, puisque ces divers ingrédients étaient toujours accompagnés d'un sel ou d'un oxide de plomb, et quelquefois même d'un sel de zinc, qui étaient les vraies substances qui, en se combinant avec l'huile, pouvaient apporter quelques modifications à ses propriétés. Maintenant que la chimie organique est mieux étudiée, et que les belles recherches de M. Chevreul ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait connaître l'action qu'exercent les divers oxides métalliques sur les corps gras, toutes ces substances, que l'on regardait comme servant à rendre les huiles siccatives, ont été retranchées, et l'oxide de plomb seul est employé actuellement.

Nous allons entrer dans quelques détails sur la préparation des huiles siccatives, attendu qu'employées seules ou mélangées avec quelques substances colorantes, elles font dans certains cas l'office de vernis.

La préparation des huiles siccatives ne présente pas de grandes difficultés quand la couleur qu'elles sont susceptibles d'acquérir par l'action du feu ne nuit pas à l'emploi auquel on les destine; mais il n'en est pas de même quand on désire les obtenir peu ou point colorées. Dans le premier cas, l'opération se fait tout simplement en mettant dans une bassine en cuivre une certaine quantité d'huile de lin, et y ajoutant un ou deux huitièmes de son poids de litharge réduite en poudre très fine. On place ce mélange sur un feu doux, capable cependant de le faire entrer en ébullition; on maintient cet état en ayant soin de remuer très souvent avec une spatule, afin d'empêcher l'oxide de plomb de se précipiter au fond et de s'y attacher. Quand l'ébullition est un peu forte, l'huile se tuméfie au point de se répandre au dehors, si l'on n'a pas la précaution de retirer la bassine de dessus le feu, et si celle-ci n'est pas d'une capacité telle qu'elle puisse contenir deux mélanges aussi considérables que celui sur lequel on opère. Après une heure d'ébullition, l'opération est ordinairement terminée; d'ailleurs la disparution à peu près complète de l'écume est un indice assez certain de la terminaison. On laisse refroidir l'huile dans la bassine; ensuite on la verse dans des vases en grès, où elle laisse déposer un sédiment assez considérable. Cette huile, qui est plus ou moins noire, suivant que l'action du feu a été plus ou moins vive et prolongée, devient, après plusieurs jours de repos, assez limpide pour être employée aux divers usages de la peinture en bâtiment. Quand on veut la faire servir à des opérations délicates, on la filtre au travers d'un papier; cette opération est longue, mais on l'accélère beaucoup quand on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut disposer de la chaleur d'une étuve. Dans le second cas, c'est-à-dire quand on veut obtenir des huiles siccatives le moins colorées possible, on s'y prend de diverses manières.

D'abord on peut opérer, comme ci-dessus, en tenant ce mélange pendant environ deux heures sur un feu assez modéré, pour ne pas le porter au point de l'ébullition, et remuant continuellement avec une spatule, pour empêcher l'oxide de plomb de se précipiter, et en ayant soin d'enlever la bassine de dessus le feu aussitôt que l'on remarque que l'écume devient un peu rousse. Par ce moyen, l'huile est un peu moins siccative, il est vrai, que par le premier procédé; mais elle l'est assez pour tous les besoins de la peinture fine, et même de la peinture en décors. Dans cet état, elle peut même être employée à la fabrication des vernis gras avec plus d'avantage que la première, puisqu'elle est moins colorée. En suivant ce procédé, il faut, aussitôt que l'opération est terminée, faire refroidir l'huile très promptement en plongeant le fond de la bassine dans un baquet rempli d'eau, et la transvaser dans des vases que l'on puisse boucher aussitôt que la température est assez abaissée, pour ne pas courir le risque de les casser. Si, au lieu d'avoir cette précaution, on la laisse refroidir lentement, elle se prend en une masse qui a la consistance d'une gelée demi-tremblante; par cette raison, elle ne se clarifie point par le repos, et ne peut être employée. Si, en cet état, on la place sur un filtre, il s'en sépare lentement une assez grande quantité d'huile siccative pourvue de toutes les qualités requises; la portion qui reste sur le filtre acquiert en se séparant de l'huile fluide une consistance onguentacée, et cause une perte assez considérable.

Si, au lieu de soumettre le mélange à l'action directe du calorique, comme nous l'avons indiqué pour les deux procédés déja décrits, on y ajoute de l'eau que l'on remplace à mesure qu'elle s'évapore, elle tient lieu de bain-marie, et l'on obtient une huile à peu près aussi siccative que par le procédé ci-dessus, qui est un peu moins colorée que l'huile de lin naturelle, et qui se décolore encore un peu en vieillissant. Ce procédé présente

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus de difficultés que le premier. Si l'opération a été poussée un peu trop loin, l'huile acquiert une densité à peu près égale à celle de l'eau, et une partie se transforme en une sorte d'emplâtre que l'on a beaucoup de peine à séparer. Enfin, si l'on place dans une étuve chauffée à une température d'environ 25° un mélange à partie égale d'huile de lin préalablement décolorée et de litharge en poudre fine, qu'on le maintienne à cette température pendant environ quinze jours ou même trois semaines, en ayant soin de l'agiter de temps en temps, on obtient une huile assez siccative et sans couleur, que l'on peut employer avec avantage pour la fabrication des vernis gras non colorés.

Tout ce que nous venons de dire de l'huile de lin peut s'appliquer également à l'huile de noix et à toutes les huiles qui peuvent être rendues siccatives.

Préparation des vernis.

Comme nous l'avons déja dit, deux liquides seulement servent de véhicule aux vernis; mais les huiles fixes rendues siccatives qui entrent dans la composition de quelques uns, et qui en modifient les propriétés d'une manière remarquable, nous engagent à faire de ceux-ci un genre particulier, et nous décrirons à part leur mode de fabrication.

Tous les vernis se préparent avec des substances qui s'enflamment avec une grande facilité. On doit donc s'entourer de toutes les précautions nécessaires pour parer aux accidens qui pourraient avoir lieu pendant leur fabrication. L'autorité, qui connaît parfaitement tous les inconvéniens du voisinage des fabriques de vernis, ne permet pas à ce genre d'industrie de s'établir dans l'intérieur des villes, et tous les fabricans sont forcés d'avoir leurs fabriques, si non à la campagne, au moins près des barrières.

Les vernis à l'alcool, par lesquels nous allons commencer, sont faciles à préparer, et les appareils qu'ils nécessitent sont très simples. Quand on agit sur de petites quantités, un matras en verre suffit; quand on agit sur de grandes masses, on se sert

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alors d'un appareil distillatoire complet, c'est-à-dire d'un alambic muni de toutes ses pièces, et l'on opère toujours à la température du bain-marie. Le chapiteau de cet alambic, qui, du reste, est tout à fait semblable à celui des autres appareils distillatoires, est traversé vers la partie inférieure par une pièce en fer fixée, par les deux bouts, aux bords intérieurs du chapiteau. Cette pièce est percée à son milieu d'un trou qui correspond verticalement avec une douille placée à la partie supérieure de ce même chapiteau. Par ce moyen, on peut tenir dans une position verticale une tige de fer arrondie qui s'engage dans la douille et dans le trou de la pièce transversale dont nous venons de parler. Cette tige de fer, qui pénètre jusqu'au fond du bain-marie, s'ajuste à sa partie inférieure avec une autre pièce en fer disposée en croix; la partie supérieure, qui s'élève de deux pouces au dessus du chapiteau, porte un petit carré un peu moins gros que le reste de la tige; ce carré est lui-même surmonté d'une vis munie d'un écrou : sur ce carré s'ajuste une petite manivelle qui doit être facile à démonter. On ajuste un bouchon de liége fin sur la douille du chapiteau; on perce celui-ci à son centre, de façon que la tige de fer dont nous venons de parler, et qui doit être bien arrondie vers la partie supérieure, puisse le traverser avec frottement. On graisse un peu cette partie de la tige, afin d'en rendre le frottement plus doux. (*Voyez* la planche 77 des Arts chimiques.)

Quand on fabrique du vernis, on introduit dans le bain-marie les substances destinées à sa composition; on monte l'appareil, on ajuste le serpentin, enfin on allume le feu, et on chauffe jusqu'au point de l'ébullition de l'alcool, ce qui se reconnaît quand il commence à distiller. Alors on éteint le feu, et on laisse l'appareil en cet état pendant plus ou moins longtemps, suivant que les résines sont plus ou moins faciles à fondre. Si l'on a besoin de les remuer pour faciliter leur solution, on conçoit qu'il suffit de tourner la manivelle pour y parvenir sans rien déranger. On remarque que l'opération est terminée quand on peut tourner la manivelle sans difficulté. Enfin, on démonte l'appareil; on passe le vernis au travers d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

linge, et on l'introduit dans de grands vases en grès, où il dépose et s'éclaircit, ou bien on le filtre au travers d'un papier, si on a besoin de l'employer de suite. Cette dernière pratique est bonne à employer en petit, car elle donne beaucoup plus de qualité au produit; mais, en grand, elle est longue, dispendieuse, et ne peut pas être mise en usage.

On retire toujours une certaine quantité d'alcool par la distillation qui a lieu pendant la solution des résines; comme cette quantité de liquide serait en moins et rendrait le produit plus épais qu'il ne doit être, on le mêle au vernis, afin de lui redonner la fluidité convenable.

On doit avoir soin de ne remplir le bain-marie qu'à moitié ou aux deux tiers; car, lorsque l'alcool a acquis un peu de viscosité, s'il entre en ébullition, il peut arriver qu'il se tuméfie au point de passer par le bec du chapiteau; il peut s'en répandre un peu par la jonction des vases; outre ces inconvéniens, il peut encore arriver que quelques portions de résine, entraînées par la tuméfaction, obstruent le conduit et ferment toutes issues aux vapeurs : alors elles souleveraient le chapiteau, et pourraient occasionner un incendie très difficile à éteindre si la masse de vernis était considérable.

Vernis blanc à l'alcool, n° 1.

Sandaraque.	0,250 gram.
Mastic en larmes.	64
Résine élemi.	32
Térébenthine.	64
Alcool à 33°. Cart. 85° centésim.	1 litre.

On met la sandaraque, le mastic et la résine élemi dans un matras ou dans un bain-marie, suivant la quantité sur laquelle on opère : on verse l'alcool, et l'on procède comme nous l'avons indiqué; on réserve la térébenthine, que l'on fond à part au bain-marie, et que l'on ajoute au reste quand la solution des autres résines est complète; ensuite on passe au travers d'un linge ou d'un filtre, et on conserve dans des vases qui ferment bien.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce vernis est très brillant, peu coloré, susceptible d'être poncé et poli, bien qu'il ne jouisse pas d'une très grande dureté. On l'emploie le plus souvent à l'intérieur pour les boiseries d'appartements, ou pour appliquer sur des papiers peints imitant les bois polis, et en général pour tous les objets qui ne sont pas susceptibles d'être frottés par des corps durs.

On trouve dans le commerce deux autres vernis fabriqués suivant le même procédé, et que l'on désigne par n° 2 et n° 3. Ces vernis ne diffèrent de celui dont nous venons de parler qu'en ce que, dans le n° 2, on remplace la résine élemi par le double de galipot, et, dans le n° 3, le galipot remplace également le mastic; et de plus, la térébenthine que l'on fait entrer dans l'un et dans l'autre est tout simplement de la térébenthine de Bordeaux. Ces vernis, moins beaux et moins solides que le n° 1, sont réservés pour des objets moins soignés.

Vernis pour les bois de Spa.

Copale tendre.	0,750
Mastic en larmes.	125
Térébenthine de Venise.	64
Alcool à 40°. Cart. 95° centésim.	1 litre.

On commence par faire agir l'alcool sur la copale, lorsque toute la partie non soluble est transformée en une substance molle [illegible]que, à peu près comme du caoutchouc; on passe au travers d'un linge pour la séparer, et l'on ajoute le mastic; lorsqu'il est fondu, on ajoute la térébenthine, que l'on a préalablement fait fondre au bain-marie; on agite un peu, elle s'incorpore; et, pour terminer ce vernis, il suffit de le filtrer. Toutes ces manipulations doivent être faites à froid ou à une basse température, si l'on veut obtenir un beau produit.

Ce vernis, qui est destiné à recouvrir de petits ouvrages très soignés, doit être blanc, très siccatif, et susceptible d'être poncé et poli.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vernis pour les trains d'équipages.

Sandaraque.	0,	190 gram.
Gomme laque blonde.	»	95
Colophane.	»	125
Térébenthine de Bordeaux.	»	190
Alcool à 33°. Cart. 85° centésim. . . .	1	litre.

On dissout les résines dans l'alcool. On ajoute la térébenthine ; on passe, et on conserve dans des vases bien fermés.

Ce vernis sert à détremper les couleurs que l'on applique en dernier lieu sur les trains et les roues des voitures de luxe.

Vernis pour les instruments de musique.

Sandaraque en larmes.	0,	125
Gomme laque en grains.	»	64
Mastic en larmes.	»	64
Térébenthine de Venise.	»	64

Le mode de fabrication de ce vernis ne diffère en rien des autres ; il doit être filtré.

Vernis des ébénistes.

Gomme laque blonde.	»	750
Mastic en larmes.	»	64
Alcool à 36°. Cart. 90° centésim.	1	litre.

On opère la solution de ces résines à froid, dans un matras, en ayant soin de remuer souvent ; ce vernis, qui est [illegible] très coloré, sert à donner le lustre aux meubles en acajou. Les ébénistes l'emploient sans le filtrer ; il est toujours trouble.

On fait, avec les mêmes résines et les mêmes proportions, et de l'alcool à 40°, un vernis qui sèche avec beaucoup de promptitude, qui est employé par les relieurs. Quand toutes les opérations de la reliure sont terminées, malgré tout le soin que l'on ait pu y apporter, le lustre du maroquin est toujours altéré ; on le rétablit très aisément en passant dessus, avec un tampon de coton, une très légère couche de ce vernis. Pour cet usage, il doit être fait avec soin et filtré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vernis de Watin pour la dorure.

Gomme laque en grain.	0,	125
Gomme gutte.	0,	125
Sang-dragon.	0	125
Rocou.	0	125
Safran.	»	32

On fait fondre à froid chaque résine dans un litre d'alcool à 36°; on fait deux teintures séparées avec le sang-dragon et le rocou dans un litre d'alcool à 36°, divisé en deux parties; on filtre ces diverses solutions et teintures, et on les conserve dans des vases séparés. Quand on veut s'en servir, on les mêle en proportions convenables pour obtenir les tons d'or que l'on désire.

On fabrique beaucoup d'autres vernis de cette nature qui servent à faire des paillons; Tingry les nomment vernis mutatifs, et il donne, dans son ouvrage, plusieurs formules qui nous paraissent mériter l'attention de ceux qui s'occupent de ce genre d'industrie.

Vernis à décalquer.

On emploie, pour fixer les gravures ou les lithographies sur le bois où l'on veut les transporter, un vernis que l'on connaît dans le commerce sous le nom de *mordant,* et que l'on fabrique comme les autres; seulement on y fait entrer une plus grande quantité de térébenthine, afin de le rendre plus agglutinatif.

Sandaraque.	0,	250
Mastic en larmes.	»	64
Galipot en larmes.	»	125
Térébenthine de Venise.	»	250

Ce vernis sèche lentement; il doit être préparé avec soin et filtré, afin qu'il ne ternisse pas les lithographies sur lesquelles on l'applique.

On fait aussi avec l'éther quelques vernis dans lesquels on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait entrer la copale ou le caoutchouc; nous ne les rapportons pas, parce que ces vernis ne servent que dans des cas très peu nombreux, et l'on peut en trouver, dans l'ouvrage de Tingry, plusieurs formules qui peuvent mettre sur la voie pour en préparer d'autres.

Vernis gras.

Les vernis gras sont des vernis à l'essen e, dans la composition desquels on fait entrer les huiles fixes rendues siccatives; celles-ci leur communiquent la souplesse nécessaire, sans pour cela retarder sensiblement leur solidification. La résine copale et le succin en sont toujours la base. Leur fabrication, quoique simple, est loin d'être sans difficulté; il faut même, pour se tenir en garde contre toutes les chances d'accidents qu'elle présente, non seulement beaucoup de soin, mais encore certaine habitude de ces manipulations.

Les appareils en usage sont très simples. Presque toutes les personnes qui ont écrit sur les vernis à la résine copale et au succin ont indiqué de se servir, pour cette opération, d'un pot de terre vernissé, avec ou sans couvercle. Ce moyen nous paraît très défectueux, outre les dangers d'incendie qu'il présente; ces substances, fondues dans un tel vase, se colorent considérablement, et, par cette raison, le vernis qui en provient est toujours assez foncé. Si à cet inconvénient on ajoute la teinte noire produite par l'huile siccative, toujours très colorée, et qui entre dans la composition, il est difficile de concevoir comment on a pu fabriquer avec de tels moyens les vernis blancs à la copale, dont il est question dans tous les ouvrages sur cette matière.

Si l'on pouvait combiner la copale avec les huiles, à mesure que sa fusion s'opère, on obtiendrait des vernis presque incolores, mais ce problème est encore à résoudre. Tingry a décrit dans son ouvrage, et dans une autre intention, un appareil qui semblait destiné à atteindre ce but. Bien que cet appareil, assez ingénieux, soit resté sans utilité, il n'est peut-être pas impossible d'y apporter quelques modifications qui puissent le rendre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

utile. Il consiste en un fourneau en terre, à peu près de la forme d'un fourneau à réverbère sans porte, et dont la grille serait remplacée par un diaphragme également en terre, et percé à son centre d'un large trou rond. L'air nécessaire à la combustion pénètre par plusieurs trous pratiqués à la circonférence ; un cylindre un peu conique, en tôle de fer, de quelques pouces moins long que le fourneau, s'engage dans le trou du diaphragme, et le ferme hermétiquement. Ce cylindre mis en place ne doit pas dépasser les bords supérieurs du fourneau, et doit être muni d'un couvercle à gorge, également en tôle, ou d'un tampon en terre cuite qui ferme la partie supérieure aussi bien que possible; le bas reste ouvert. Ce cylindre doit encore porter intérieurement et à sa partie supérieure quelques points d'attache au moyen desquels on suspend dans son intérieur une espèce de sac en toile métallique que l'on remplit de copale ; ensuite on ferme l'ouverture au moyen du couvercle dont il a été question ; on lute avec de la terre la portion de ce couvercle avec les bords du cylindre ; on emploie la même précaution pour le diaphragme avec le cylindre. Les choses ainsi disposées, et la partie supérieure du cylindre entourée de charbon allumé, on conçoit que la copale fondera, et qu'elle s'écoulera en bas en traversant le sac de toile métallique dans lequel elle est enfermée, sans avoir éprouvé d'altération sensible de la part du feu ; on conçoit encore qu'elle pourra s'incorporer de suite avec de l'huile bouillante dans laquelle on la fera tomber. *Voyez* la planche 77 des Arts chimiques, et le *Traité des vernis* par Tingry.

La fabrication des vernis a éprouvé de grandes améliorations et est susceptible d'en éprouver encore. On a renoncé à se servir du pot de grès conseillé par les anciens manipulateurs, on l'a remplacé par un matras en cuivre ; on ajuste tout autour de la panse de ce vase une lame de cuivre assez large et disposée en gouttière. Cette pièce sert à prévenir les accidens du feu. (*Voyez* planche 77 des Arts chimiques). Si la copale fondue se tuméfie au point de se répandre au dehors, elle coule le long du col du matras, s'arrête dans la gouttière, et l'on a le temps d'enlever le vase du feu avant que l'inflammation se manifeste.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il doit être muni d'anses ou d'un manche assez long pour pouvoir l'enlever commodément sans se brûler. Il doit aussi être d'une dimension telle que l'on puisse fondre environ deux à trois kilogrammes de copale chaque fois ; et l'on se souvient que cette substance, en se fondant, peut occuper un espace trois ou quatre fois plus grand qu'auparavant. Ce vase a un grand avantage sur ceux employés jadis ; la chaleur y est beaucoup plus uniforme et plus élevée, et quoique la copale soit mauvais conducteur du calorique, elle fond avec beaucoup plus de promptitude, et par conséquent avec moins d'altération.

M. Mérimée, qui s'est occupé de la fabrication des vernis gras, conseille d'ajuster sur le col du matras dont nous venons de parler, un tube de fer ou de cuivre, long d'environ deux pieds, et garni à sa partie supérieure d'une toile métallique assez serrée. Il conseille encore de placer une petite tubulure à côté du col du matras; il la ferme au moyen d'un bouchon de liége qu'il enlève quand il veut remuer la matière en fusion. Les vapeurs qui se dégagent pendant l'opération traversent aisément la toile métallique, et si l'on veut éviter l'odeur désagréable qu'elles répandent, on peut les enflammer sans inconvénient. Cette addition nous paraît très avantageuse, mais il n'en est pas de même de la petite tubulure dont il a été question; elle ne nous semble pas propre à atteindre le but que l'auteur se propose. D'abord, à la seconde fois que l'on se sert du matras, cette partie est assez garnie de vernis pour que le bouchon devienne difficile à enlever et même à replacer ; s'il arrive qu'il tienne, on le casse, et la tubulure demeure sans effet; ensuite, si l'on parvient à l'enlever, les vapeurs qui s'échappent par cette ouverture peuvent prendre feu, et causer un accident. Nous pensons qu'il serait mieux de supprimer la petite tubulure, et d'enlever le matras de dessus le feu, pour remuer avec la tige de fer la matière en fusion, en supprimant pour un instant le tube de fer muni de la toile métallique, et en ayant bien soin d'éteindre auparavant la flamme produite par les gaz, si on les a enflammés. Avec du soin, on peut faire cette opération sans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moindre danger, et en ayant toutefois la précaution de s'entourer les mains avec de gros linges mouillés.

On peut encore se servir d'un ballon en verre pour la fabrication des vernis gras. Ce moyen, quoique moins économique, doit être préféré à ceux dont il a été question, quand on veut obtenir de beaux produits. La copale étant mauvais conducteur du calorique, et devant par cela même être fondue avec la plus grande vitesse possible, afin d'éviter que les parties qui ont éprouvé l'action de la chaleur, les premières ne soient pas charbonnées avant que la fusion des dernières soit opérée, il faut, pour ne pas casser le vase dans lequel on fait l'opération, commencer par l'échauffer en le tenant éloigné du feu d'environ dix-huit pouces, le rapprocher graduellement et le placer sur un triangle en fer, de façon qu'il touche, à très peu de chose près, les charbons incandescens. On peut encore, pour remuer la copale pendant sa fusion dans ce vase, se servir d'une tige de verre, mais avec beaucoup de précaution, car le moindre choc contre son fond, qui est toujours très mince, peut le percer, et l'opération est à peu près perdue. Pour éviter cela, il est préférable d'imprimer un léger mouvement de rotation au ballon en le retirant du feu pour un instant. Dans ce cas, on doit se servir d'une pince en fer un peu forte dont les branches forment par leur réunion un anneau au moyen duquel on saisit le col du ballon. Il serait beaucoup plus simple de l'enlever avec la main, en ayant soin de se l'envelopper d'un gros chiffon, afin d'éviter de se brûler; mais cette pratique a un inconvénient qu'il est utile de signaler. Quand on s'y prend de cette manière, on refroidit le col du vase dans toute l'étendue qu'enveloppe la main; on condense une partie de l'huile volatile qui se dégage pendant l'opération. Celle-ci, en coulant le long des parois intérieures du vase pour regagner le fond, se charbonne, et forme des stries très noires qui colorent fortement le produit.

Il faut avoir soin de nettoyer le balon après chaque opération; cela est très facile en employant de l'essence de térébenthine chaude que l'on destine aux opérations suivantes. S'il reste du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vernis d'une opération précédente, il se charbonne pendant la fusion de la copale, et le produit est coloré.

Si l'on a soin de ne pas échauffer trop brusquement le ballon et de ne pas le refroidir trop vite, car c'est presque toujours en commençant et en terminant l'opération qu'il casse, on peut se servir du même plusieurs fois.

Avec de tels vases, on ne peut guère fondre que cinq cents grammes de copale chaque fois, et un ballon de la contenance de quatre litres suffit.

On peut conduire plusieurs opérations ensemble, de façon à en avoir une qui se termine et une qui commence; par ce moyen; un seul homme intelligent et habitué à ces sortes de manipulations, peut faire, dans une journée, une assez grande quantité de vernis.

Vernis à la copale.

Copale dure. 0,500
Huile siccative . . . . . 0,125-0,190 ou 0,250^{gram}
Essence de térébenthine. . . . 0,500

On distribue ces trois substances dans des vases séparés; on fond la copale comme nous l'avons indiqué; on chauffe l'huile de lin litharginée à une température voisine de l'ébullition, et on l'ajoute par petites parties à la copale fondue, en ayant soin de remuer à chaque fois pour favoriser la combinaison. Lorsque l'huile et la copale sont mélangées, on ajoute également, et par petites parties, l'essence de térébenthine, que l'on a eu soin de faire chauffer auparavant. La combinaison d'huile et de copale se trouvant à une température bien supérieure à celle à laquelle bout l'essence, les premières parties que l'on ajoute sont presque complètement réduites en vapeur. Pour éviter cette perte, on peut, après la seconde ou la troisième addition d'essence, attendre que la température soit un peu abaissée pour ajouter le reste.

On ne saurait trop prendre de précautions quand on ajoute l'essence, car les vapeurs qui sortent en abondance du vase contenant le mélange s'enflamment avec une facilité étonnante,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et peuvent occasionner de graves accidens. Lorsque le vernis est terminé, et que la température est abaissée à environ quarante ou cinquante degrés, on le passe au travers d'un linge pour en séparer les corps étrangers qui pourraient s'y trouver, ou les morceaux de copale non fondus. Quand il arrive qu'il s'y en trouve, on les met de côté pour les faire entrer dans des vernis communs qui sont toujours colorés.

Presque tous les fabricans de vernis sont convaincus qu'il faut commencer par combiner l'huile siccative avec la copale fondue avant d'ajouter l'essence de térébenthine. C'est une erreur qu'il est bon de signaler. L'huile volatile de térébenthine bouillante se combine très facilement avec la copale en fusion, et nous pensons qu'il est préférable, au moins pour certains cas, de combiner ces deux substances ensemble avant d'ajouter l'huile siccative. Nous observerons, comme nous l'avons déja dit, qu'une grande quantité d'essence se vaporiserait en pure perte si l'on introduisait de suite la totalité dans le vase contenant la copale fondue ; nous répéterons que l'on ne doit en introduire qu'une petite quantité, et à deux ou trois reprises, en ayant soin de remuer chaque fois ; bien que chaque fois que l'on ajoute de l'essence, il se produise un bouillonnement considérable, et que la vapeur sorte du vase en abondance, le tout ne ne se vaporise pas ; il en reste toujours une certaine quantité en combinaison avec la copale, et qui suffit pour favoriser la combinaison du reste quand la température est un peu diminuée. Quand on veut fabriquer des vernis blancs à la copale, ce qui ne peut s'obtenir qu'en employant de très belle copale et de l'huile siccative incolore, on conçoit que, si l'on chauffe cette dernière jusqu'à l'ébullition, température à laquelle il faut l'élever pour que la combinaison soit possible, elle se colorera, et le but qu'on se proposait ne pourra être atteint. Il n'en est pas de même en suivant le procédé que nous indiquons ; car l'huile, chauffée seulement à 50 ou 60°, s'incorporera très facilement, et sans avoir éprouvé d'altération, avec la solution de copale, dans l'essence de térébenthine encore très chaude. En conséquence, si l'on a fondu la copale avec les précautions nécessaires pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

empêcher sa coloration, le vernis qui en résultera sera très beau et d'aussi bonne qualité.

Il est bon, quand on le peut, de ne pas employer de suite le vernis à la copale; il se clarifie par le repos et acquiert de la qualité en vieillissant. Sa consistance, qui doit être sirupeuse quand on l'emploie de suite, doit être un peu plus fluide quand on doit le conserver, car elle augmente beaucoup par le temps, bien qu'il soit contenu dans des vases fermés. On peut l'étendre avec de l'essence, mais c'est aux dépens de sa qualité : il faut alors qu'il soit employé de suite; autrement il est rare qu'on ne remarque pas, après quelques jours, qu'une partie de la copale s'est précipitée sous forme d'une gelée assez épaisse, bien que l'on ait eu la précaution indispensable de faire chauffer l'essence et le vernis avant de les mélanger.

On varie, comme on peut le voir par notre formule, les doses d'huile suivant l'emploi auquel on destine le vernis. Quand il en contient beaucoup, c'est-à-dire la plus grande quantité indiquée, il conserve plus d'élasticité, et il est plus facile à employer, mais il sèche moins vite. On doit donc employer celui-ci de préférence pour des corps flexibles, tels que les cuirs, les toiles cirées, etc. Quand on y fait entrer peu d'huile, au contraire, il sèche plus promptement, il est susceptible d'un plus beau poli; mais, conservant peu de souplesse, il ne peut être appliqué que sur des corps durs, non susceptibles de flexions, tels que le fer, les panneaux de voitures, etc.

Les doses d'huile que nous indiquons, bien que pouvant être variées encore, ne doivent cependant pas être dépassées de beaucoup, soit en plus, soit en moins. Une plus grande quantité d'huile diminuerait la solidité du vernis, et, en le rendant trop lent à sécher, permettrait à la poussière, en suspension dans l'air, de s'y attacher. Une moins grande quantité que la plus petite indiquée aurait un inconvénient aussi grave. Le vernis sècherait trop vite, serait difficile à étendre, deviendrait sec et cassant, se gercerait au bout de peu de temps, et serait enfin de très courte durée. Un bon vernis doit, en été, en vingt-quatre heures, se solidifier au point que la poussière ne puisse plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'y attacher, et qu'en y posant les doigts, ils n'y laissent plus d'empreinte. En cet état, on ne doit pas le regarder comme complètement sec, surtout s'il doit être poli. On doit toujours, avant d'entreprendre cette opération, soumettre à l'étuve, pendant plusieurs jours, les corps sur lesquels il se trouve appliqué.

Le vernis à la copale, susceptible d'un très beau poli, est, de tous les vernis le plus brillant et le plus solide; aussi ses emplois sont-ils extrêmement nombreux. Ne pouvant les indiquer tous, nous nous bornerons à dire qu'on l'applique sur le bois, le fer, le cuir, la toile, etc., et, en un mot, que l'on doit l'employer toutes les fois que l'on désire obtenir un vernissage durable.

Vernis huileux à la copale.

On prépare encore un vernis avec de l'huile de lin ordinaire et de la copale seulement. Ce vernis, qui, comme on peut le penser, ne sécherait pas, ou du moins trop lentement pour être employé au vernissage, est mis en usage par les peintres de tableaux. Ceux-ci tirent grand avantage de son emploi, non pour recouvrir leurs ouvrages, car il aurait dans ce cas, comme dans tout autre, l'inconvénient de ne pas sécher, et serait, par cela même, plus nuisible qu'utile. Ils s'en servent en peignant : quand leurs couleurs, déja broyées à l'huile, sont trop épaisses, ils les allongent avec ce vernis, au lieu d'huile de pavot, comme cela a lieu ordinairement. Cette addition de vernis donne beaucoup d'intensité aux couleurs, rend les bruns plus vigoureux, et augmente singulièrement les effets imitatifs de la peinture. Ce vernis, ainsi employé, a encore un très grand avantage, c'est d'empêcher les embus, chose très gênante pour le peintre, nuisible à l'harmonie de la peinture, que l'on ne fait disparaître qu'aux dépens de la solidité de celle-ci. On le prépare tout simplement en chauffant ensemble 500 gram. d'huile de lin et 125 gram. de belle copale dans un ballon en verre de la contenance de trois ou quatre litres. Il faut que la température soit élevée aussi vite que possible au point de l'ébullition ; alors la copale se gonfle, surnage l'huile, et finit par fondre complète-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment en dégageant une grande quantité d'huile volatile, âcre et très désagréable, et en se tuméfiant considérablement.

Vernis au succin.

Ce vernis, toujours très coloré, est peu employé ; il se fabrique de la même manière que le vernis à la copale, avec les mêmes doses et les mêmes précautions. Tout ce que nous avons dit de la copale pouvant être rapporté au succin, nous n'entrerons dans aucuns nouveaux détails.

Vernis noirs pour les ferrures.

Bitume de Judée	0,500
Colophane	0,500
Huile siccative	1,000
Vernis à la copale ou au succin	1,000
Essence de térébenthine, suffisante quantité.	

On fait fondre dans une bassine, sur un feu doux, le bitume et la colophane ; on y ajoute l'huile siccative, puis le vernis à la copale ; enfin, une quantité suffisante d'essence de térébenthine, pour donner au tout une consistance telle que l'on puisse l'étendre facilement avec une brosse. On introduit ordinairement une petite quantité de noir de fumée dans ce vernis, afin de rendre le ton noir plus prononcé.

Vernis à l'essence.

On prépare plusieurs vernis à l'essence; mais la plupart servent à détremper des couleurs pour la peinture au vernis, et non à vernir. De ce genre, le vernis à tableaux étant le plus important, nous nous bornerons à décrire sa préparation, et nous renverrons, pour les autres, aux ouvrages de Watin et de Tingry.

Vernis à tableaux.

Mastic en larmes	1,000
Essence de térébenthine	2,000

On introduit ces deux substances dans un matras en verre, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on opère la solution au bain-marie, en ayant soin d'agiter de temps à autre. Quand l'opération est terminée, on laisse un peu refroidir le vernis; on le passe au travers d'un linge pour séparer les corps étrangers qui, par leur contact prolongé, colore-raient le produit. On le laisse déposer pendant huit ou dix jours. Pendant ce temps, il s'en sépare une résine insoluble dans l'essence de térébenthine, qui s'attache aux parois du vase sous forme de petits mamelons. On le filtre ensuite au travers d'un papier sans colle ; si le mastic a été bien trié et l'essence bien rectifiée, il doit être presque aussi blanc que l'eau.

Plusieurs substances, dont nous n'avons point parlé, font, dans certains cas, l'office de vernis, et, préparées convenablement, sont employées comme tels. De ce nombre sont les différentes gommes fondues dans l'eau, le sucre, le blanc d'œuf, et enfin la cire fondue dans l'essence de térébenthine, ou divisée dans l'eau sous forme d'émulsion. Cette dernière substance mérite quelque attention. Sa solution dans l'essence de térébenthine forme le vernis que les ébénistes appliquent très souvent sur les meubles en bois de noyer. Divisée dans l'eau au moyen de la potasse, elle constitue ce que l'on connaît sous le nom d'encaustique, et sert, en cet état, à recouvrir certaines pièces de menuiserie, et plus souvent encore les parquets des appartemens, que l'on rend ensuite très brillans en les frottant fortement avec une brosse rude. Divisée dans l'eau sous forme d'émulsion, elle constitue un vernis très précieux pour la peinture à la cire, connu sous le nom de *lait de cire*. Nous allons en décrire la préparation. On fait fondre dans une capsule de porcelaine une certaine quantité de cire blanche ; on y ajoute, quand elle est fondue, une égale quantité d'esprit de vin à 36° ; on remue pour favoriser la combinaison, ensuite on verse le tout sur une large pierre à broyer ; il se forme une masse grainue sans cohésion ; on la divise encore en la broyant doucement avec une mollette, et en ajoutant de temps à autre une petite quantité d'alcool ; quand toute la masse paraît bien divisée, on y ajoute de l'eau par petites parties, environ quatre fois le poids de la cire employée. On le passe ensuite au tra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vers d'un morceau de canevas pour séparer les portions de cire qui ne sont pas suffisamment divisées. Pour appliquer ce vernis, ou plutôt cette cire divisée, on se sert d'un blaireau, que l'on trempe dans le lait de cire et que l'on passe doucement sur toute la surface de la peinture ; on laisse vaporiser l'eau que contenait la préparation, et le tableau paraît alors comme couvert d'une poussière blanche très fine qui n'adhère pas. Les choses étant en cet état, on remplit de charbon incandescent une petite caisse en fil de fer munie d'un manche en bois ; on la passe doucement et avec beaucoup de soin devant cette peinture ; la cire divisée fond et s'étale sur toute la surface. On la laisse refroidir, et ensuite on donne le lustre en frottant avec un linge doux ou une brosse. On peut en appliquer plusieurs couches par le même moyen, si on le juge nécessaire. Si le brillant disparaît un peu, il suffit de frotter de nouveau pour le faire reparaître. Au bout de cinq à six mois, quand la cire a acquis toute la dureté dont elle est susceptible, le brillant qu'elle acquiert alors, en la frottant encore, est beaucoup plus beau et ne disparaît plus.

La cire est inaltérable, et conséquemment le vernis dont nous venons de parler. C'est à la propriété conservatrice de cette substance, qui entrait jadis dans la composition des couleurs, comme l'huile aujourd'hui, et qui servait même de vernis, que l'on doit la conservation des peintures qui ornent encore les restes des murailles d'Herculanum et de Pompéia.

DESCRIPTION DES APPAREILS SERVANT A LA FABRICATION DES VERNIS.

(Arts chimiques, Planche 89.)

Vernis à l'alcool.

Fig. 6. — Apppareil distillatoire ordinaire, monté sur son fourneau et muni d'un serpentin. Il ne diffère que par la tige de fer qui pénètre jusqu'au fond du bain-marie, qui porte une croix à sa partie inférieure, et une manivelle à la partie supérieure.

Fig. 7. — Chapiteau de l'alambic coupé en deux pour lais-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ser voir la pièce en fer qui le traverse, et qui porte un trou à son milieu, correspondant perpendiculairement avec la douille du chapiteau ; elle sert à tenir la tige de fer dans une position verticale.

Fig. 8. — Bain-marie, coupé en deux pour laisser voir la tige, qui porte une croix et qui pénètre jusqu'à son fond.

Fig. 9. — Tige de fer munie de sa manivelle ; elle porte un carré à sa partie inférieure, sur lequel s'ajuste la croix en fer, et est terminée par un pas-de-vis muni de son écrou, qui sert à consolider les deux pièces ensemble.

Fig. 10. — Croix en fer séparée de la tige ; elle porte en son milieu un trou carré dans lequel s'ajuste le carré de la tige.

Appareils pour la fabrication des vernis gras.

Fig. 11. — Ballon en cuivre, portant une espèce de gouttière en même métal autour de sa panse, servant à retenir la copale en fusion, quand il arrive que le boursoufflement qui a lieu dans le vase la force à se répandre au dehors. Il est muni d'anses pour le transporter commodément.

Fig. 12. — Le même ballon, avec le tube de cuivre ou de fer, garni de toile métallique, indiqué par M. Mérimée.

Fig. 13. — Tube de M. Mérimée, garni en toile métallique, séparé du ballon, et vu de profil. Il porte à sa partie inférieure une gorge qui s'ajuste sur le col du ballon.

Fig. 14. — Le même tube de M. Mérimée, vu en dessus.

Appareil de Tingry pour la fusion de la copale.

Fig. 15. — Appareil monté et coupé en deux pour montrer la position du tube de fer qui traverse le diaphragme, et dans lequel s'opère la fusion de la copale.

Toute la partie vide entre le tube et la paroi interne du fourneau sert à contenir le charbon. L'air nécessaire à la combustion arrive par les trous pratiqués au pourtour.

Fig. 16. — Sac en toile métallique, dans lequel on place la copale ; il entre dans le tube de fer et s'appuie sur son bord supérieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 17. — Tampon en terre cuite, que l'on place sur le haut du tube; il sert à empêcher la communication du feu avec la copale; on le lute avec de la terre à four.

Fig. 18. — Capsule que l'on place sur la partie inférieure du tube; elle sert à recevoir la copale en fusion à mesure qu'elle s'écoule.

Fig. 19. — Appareil tout monté et vu extérieurement. FD.

VERNISSEUR (*Technologie*). L'art du VERNISSEUR a été décrit dans l'article PEINTRE, DOREUR et VERNISSEUR, tome XV. (*Voyez* page 449.) L.

VERRE (art de le travailler à la lampe) (*Technologie*). Cet art a été décrit au mot SOUFFLEUR DE VERRE à la lampe. (*Voyez* ce mot.) L.

VERRE. On nomme ainsi une substance diaphane, blanche ou colorée, dont les nombreux usages sont généralement répandus.

Le verre était connu des Phéniciens, qui pendant long-temps ont pour ainsi dire conservé le monopole de sa fabrication, favorisés par la réunion du natron, du sable et du combustible, et la proximité des bords de la mer.

Il est probable que les anciens Égyptiens n'ont pas connu le verre, car la Bible n'en fait pas mention. D'après Pline et Strabon, les verreries de Sidon et celles d'Alexandrie étaient fort célèbres et produisaient des ouvrages très perfectionnés: déjà on taillait, on gravait, on dorait le verre, et on faisait même des verres colorés, à l'imitation des pierres précieuses, ce qui annonce une fabrication très ancienne.

Les Romains employaient le verre à divers usages, indiquant aussi une fabrication active. On trouva dans Herculanum des vitres évidemment faites par un procédé de soufflage plus ou moins analogue à celui qu'on a employé dans ces derniers temps.

Les procédés de fabrication conservés en Phénicie furent sans doute pris, aux douzième et treizième siècles, par les Européens, du temps des croisades. Transportés d'abord à Venise,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui fit long-temps le monopole du verre, ils furent importés en France par Colbert.

Le hasard fut sans doute pour beaucoup dans l'invention du verre ; mais on aurait pu trouver à cet égard, parmi les arts connus des anciens, des phénomènes propres à y conduire : la fabrication des poteries, l'extraction des métaux, exigent l'emploi d'un feu violent et soutenu, ce qui suffit pour donner naissance à des silicates fusibles, ayant plus ou moins d'analogie avec le verre.

Dès la plus haute antiquité, la fabrication eut lieu par des moyens analogues à ceux qu'on emploie aujourd'hui. Toutefois, cette industrie a beaucoup profité des progrès de la chimie moderne, depuis surtout qu'elle trouve à bon marché des alcalis plus purs dans le commerce.

Agricola, le plus ancien de tous les auteurs qui ont écrit sur la fabrication du verre, décrit des fourneaux et des procédés fort analogues à ceux qu'on emploie encore de nos jours.

Néri, Merret, Kunckel, Henckel, Pott, Achard, et quelques autres chimistes, se sont depuis occupés de la fabrication du verre ; mais on doit mettre hors ligne, comme ouvrages remarquables sur cette matière, ceux de Néri, de Bosc, d'Antic, de Loysel, et l'article de M. Allut, dans l'*Encyclopédie méthodique*. Malheureusement tous ces travaux sont incomplets ou datent d'une époque où les matières premières différaient trop par leur impureté de celles que l'on emploie de nos jours, pour que les phénomènes observés alors puissent être aujourd'hui fort utiles à consulter.

Quoique la théorie de la fabrication du verre soit à peu près établie, ce n'est guère dans les ouvrages spéciaux qu'il faut la chercher ; presque tous ont été écrits avant que le rôle de la silice y fût bien connu.

Depuis les recherches de Berzélius, qui levèrent tous les doutes sur le caractère acide de la silice, la composition générale du verre ne peut plus offrir de difficultés : le verre se compose d'un ou de plusieurs sels ; ce sont des silicates à base de potasse, de soude de chaux, d'oxide de fer, d'alumine ou d'oxide de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plomb, dans lesquels on peut remplacer l'une de ces bases par l'autre, pourvu qu'il reste toujours une base alcaline. La silice, à son tour, peut d'ailleurs être remplacée en partie par l'acide borique, sans que le verre perde ses caractères principaux.

On désigne en général sous le nom de verre diverses substances fusibles à une température élevée, solides à la température ordinaire, cassantes et brillantes; mais, dans les arts industriels, le verre est toujours formé de silicates parmi lesquels on peut distinguer les espèces suivantes :

1°. *Verre soluble.* Silicate simple de potasse ou de soude, ou mélange de ces deux silicates.

2°. *Verre de Bohême* (crown-glass). Silicate de potasse et de chaux.

3°. *Verre à vitre, gobletterie, glaces,* etc. Silicate de potasse, ou de soude et de chaux.

4°. *Verre à bouteille.* Silicate de potasse ou de soude, de chaux, d'alumine et de fer.

5°. *Cristal ordinaire.* Silicate de potasse et de plomb.

6°. *Flintglass.* Silicate de potasse et de plomb, plus riche en plomb que le précédent.

7°. *Strass.* Silicate de potasse et de plomb, encore plus riche en plomb que le flintglass.

8°. *Émail.* Silicate et stanate ou antimoniate de potasse ou de soude et de plomb.

Tous ces verres peuvent être teints par des silicates colorés, qu'on mélange à dessein ou accidentellement dans leur masse pendant qu'ils sont fondus. Nous nous en occuperons plus loin, ainsi que de l'art de peindre le verre, qui fit des progrès si remarquables en France dans ces derniers temps.

Propriétés du verre.

Nous allons examiner les propriétés générales du verre, sous les influences chimiques et physiques; de ce corps, si utile dans ses usages variés.

Toutes les espèces de verre comprises dans le tableau précédent peuvent éprouver une fusion complète à la température du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rouge cerise ou au dessus. Les verres à base de plomb sont les plus fusibles, et ils le sont d'autant plus qu'ils renferment une quantité plus considérable d'oxide de plomb. Les verres ordinaires le sont, au contraire, d'autant moins, qu'ils contiennent de plus fortes doses de chaux et d'alumine ; ainsi, le strass, le flintglass et le cristal sont plus fusibles que le verre ordinaire, qui lui-même l'est un peu plus que le verre à bouteilles.

Les verres à plusieurs bases peuvent éprouver diverses altérations quand ils sont fondus ou refroidis lentement : la silice se partage entre ces bases, et forme ainsi des composés à proportions définies, qui cristallisent en se séparant, de sorte que le mélange intime des matières qui constituent le verre se trouve détruit ; le verre devient alors très dur, fibreux, opaque, beaucoup moins fusible, meilleur conducteur de l'électricité et de la chaleur ; c'est en cet état que Réaumur l'appela *verre dévitrifié*.

La dévitrification du verre, dont la découverte est due à Réaumur, est un phénomène général que peuvent présenter toutes les espèces de verre, mais plus particulièrement les verres à plusieurs bases terreuses, et plus difficilement les verres plombifères, ou les verres seulement à bases de soude ou de potasse.

On peut presque toujours produire la dévitrification en fondant le verre et l'abandonnant à un refroidissement très lent, ou bien en le chauffant au point de le ramollir, puis le soumettant à cette température prolongée et à un refroidissement gradué. L'opération réussit mieux sur le verre à bouteille que sur tous les autres ; viennent ensuite, classés sous ce rapport, le verre vert ordinaire, puis le verre blanc, ensuite le verre simplement à base de soude ; après celui-ci, le cristal, puis le verre simple à base de potasse : le dernier est le moins facilement dévitrifiable.

Cette propriété doit être prise en grande considération dans la fabrication du verre ; elle explique en effet pourquoi, dans la fabrication des bouteilles, on doit éviter avec tant de soin de réchauffer plusieurs fois la masse de verre qu'on veut façonner,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce qui se dévitrifierait au bout de peu d'instans. Le verre deviendrait dur, peu fusible, et présenterait une foule de grains solides, disséminés dans une matière encore molle ; de là vient le nom de *verre galeux* que lui donnent les ouvriers, lorsque ce phénomène se présente. On conçoit de même pourquoi le verre vert, et même le verre blanc ordinaire, et, à plus forte raison, le verre à bouteilles, ne peuvent être façonnés à la lampe d'émailleur, à moins que l'ouvrier n'apporte une célérité convenable dans son travail; s'il y mettait trop de lenteur, qu'il fût obligé de réchauffer à plusieurs reprises le tube de verre qu'il veut souffler, la masse se dévitrifierait. En vain essaierait-il alors de souffler une boule ; le verre n'est plus assez mou; la matière devient alors rugueuse, à demi-opaque, et presque infusible.

D'après ces données, on conçoit combien il importe de choisir avec soin les verres destinés à fournir des masses volumineuses et épaisses, par exemple, celles qu'on destine à la fabrication des lentilles nécessaires aux grands instrumens d'optique; leur refroidissement est toujours très lent, ce qui amène la dévitrification du verre. On ne peut donc guère réussir qu'avec le verre à base de plomb et de potasse, et le verre à base de potasse et de chaux. Aussi ces deux sortes de verre, qui constituent le flintglass et le crown-glass, sont-ils employés exclusivement à la fabrication des objectifs pour les lunettes astronomiques.

La dévitrification des verres est donc un phénomène du plus grand intérêt. Elle l'est non seulement par les considérations importantes qui précèdent, mais encore parce qu'en raison de ses propriétés, le verre dévitrifié peut remplacer la porcelaine dans presque tous ses usages. Ainsi, pour les laboratoires de chimie, on peut obtenir des tubes, des cornues, des ballons, des capsules qui résistent au feu autant que les vases de porcelaine, aussi peu perméables que le verre ordinaire, résistant aux acides, et qui, enfin, peuvent s'obtenir d'une seule pièce, sous des formes variées que le moulage de la porcelaine ne fournirait que difficilement. C'est une industrie importante à créer, qui produirait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une nouvelle poterie, salubre, élégante, et d'un prix peu élevé.

M. Darcet a fait, en verre à bouteilles dévitrifié, des carmées, des carreaux d'appartement, des porphyres, des mortiers et des pierres colorées pour la mosaïque, dont les utiles propriétés seront appréciées tôt ou tard. Il est à désirer qu'un jour, entre les mains d'un fabricant habile, cette industrie se développe et devienne lucrative.

Pour effectuer la dévitrification, Réaumur remplissait les vases en verre à bouteilles ordinaire, ou verre vert, d'un mélange de plâtre calciné et de sable blanc réduits en poudre fine. Il les introduisait dans une caisse, qui elle-même était remplie d'un semblable mélange, en ayant soin que les vases fussent bien isolés les uns des autres, ainsi que des parois de la caisse, l'espace vide étant occupé par le plâtre et le sable. La caisse ainsi préparée, munie d'un couvercle et lutée, était portée dans un four à faïence, et abandonnée à elle-même pendant toute la durée d'une cuisson. Au bout de ce temps, le verre était entièrement dévitrifié.

La cassure de ce verre est soyeuse, et, quand on l'examine avec attention, elle montre comment s'est opéré le phénomène. Précisément, au milieu de son épaisseur, le verre présente une ligne brune, et c'est sur ce point que se réunissent une infinité de petites aiguilles cristallines, partant de la surface extérieure et intérieure du vase. Ces aiguilles, parallèles entre elles, sont d'ailleurs perpendiculaires à la surface du verre, ainsi qu'au plan passant par la ligne de jonction, qui suit elle-même toutes les variations de forme que le vase peut offrir. Dans les vases imparfaitement dévitrifiés, les deux surfaces présentent des aiguilles semblables, mais trop courtes pour se rencontrer, et, par conséquent, séparées par une portion plus ou moins grande de verre ordinaire qui occupe la partie moyenne de l'épaisseur du vase. Il est donc évident qu'une cause quelconque détermine la cristallisation du verre; que cette cause agit sur les surfaces d'abord, et se propage ensuite vers la partie moyenne, jusqu'à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce que les cristaux, partis de deux points opposés, viennent à se rencontrer.

M. Dartigues a constaté que le *ciment* (mélange de plâtre et de sable) n'est point indispensable, et que le verre à bouteilles, chauffé seulement au rouge pendant quelques jours, se dévitrifie entièrement. Cependant, la potasse se volatilise pendant la dévitrification, ce qui indique l'utilité d'un ciment silicieux, qui joue le rôle d'un corps absorbant et hâte la réaction.

La dévitrification est donc une cristallisation du verre. L'expérience prouve que le verre, lentement refroidi, cristallise presque toujours quand le passage de l'état liquide à l'état solide s'est opéré assez doucement pour que les arrangemens moléculaires convenables aient pu s'effectuer. Il existe, toutefois, dans les verres dévitrifiés ou cristallisés, deux espèces distinctes.

La première comprend les verres qui, à l'aide d'une température prolongée, et quelquefois d'un ciment convenable, ont acquis la forme cristalline *en perdant quelques uns de leurs principes constituans.*

La seconde classe comprend les verres qui, au moyen d'une solidification très lentement opérée, se sont partagés en deux ou plusieurs composés différens, dont les uns ont conservé l'état vitreux, tandis que les autres ont pris une forme cristalline régulière.

Verre soluble. Le verre soluble est un composé qui, long-temps inconnu, laissa bien des accidens inexplicables. C'est un silicate simple, à base de potasse ou de soude, soluble complètement dans l'eau bouillante, quoique peu altérable par l'eau froide. Un semblable verre devait être fortement hygrométrique. Le fait suivant, parmi tant d'autres, démontre les inconvéniens qui en résultent. En 1780, on faisait en France des verres de Bohême, dont le procédé était alors récemment importé, au moyen des deux recettes ci-après indiquées :

	En Champagne.	Dans les Vosges.
Silice.....	100	100
Potasse.....	100	100
Chaux.....	Point.	100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il arriva que le verre des Vosges fut inaltérable à l'air, tandis que celui de la Champagne manquait de limpidité, de brillant et de solidité; il attirait l'humidité de l'air au point que le fonds des verres à boire se remplissait dans les magasins d'une dissolution saturée de carbonate de potasse. Ce fait, rapporté par M. Bosc d'Antic et beaucoup d'autres, prouve la nécessité indispensable de la chaux ou de l'oxide de plomb pour la fabrication des verres, qui doivent résister soit à l'action de l'eau, soit à l'air humide.

Le verre soluble, fabriqué pour l'objet spécial que M. Fuchs se proposa, c'est-à-dire son application sur les bois ou les tissus qu'on veut rendre incombustibles, est composé de telle manière que la silice contient sept fois plus d'oxigène que la potasse, ou, ce qui revient au même, que, pour sept atômes de silice, il s'en trouve un de potasse. Ce verre contient donc :

7 at. silice.	= 1348 ou	—	69, 88
1 at. potasse.	= 587	—	30, 12
	1935		100, 00

Il paraît que le verre soluble, à base de soude, ne conserve sa solubilité qu'autant que la dose de soude est plus grande; elle peut même être portée jusqu'à deux atomes pour sept de silice, sans que le verre devienne soluble à froid.

Verre de Bohême. M. Perdonnet, qui a eu l'occasion de visiter une verrerie en verre de Bohême, à Renvelt, fit connaître à M. Dumas le dosage suivant que l'on y emploie :

Quartz	100
Chaux caustique	50
Carbonate de potasse	75
Salpêtre, acide arsénieux, péroxide de manganèse, en quantité convenable.	

Le verre pris dans cette verrerie par M. Perdonnet a été analysé par M. Gras dans le laboratoire de l'*École des mines*, Cette analyse a donné :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Silice	71, 6 =	37, 1	oxig. de l'acide.
Chaux	10, 0 =	2, 81	= 8, 83 ox. des bases.
Potasse	11, 0 =	1, 86	
Alumine	2, 2 =	1, 02	
Magnésie	2, 3 =	1, 89	
Oxide de fer	3, 9 =	1, 20	
Oxide de manganèse	0, 2 =	0, 05	
	101, 2		

La silice contient à peu près quatre fois l'oxigène des bases.

Dans un verre de Bohême, d'ancienne fabrication, M. Dumas a trouvé :

Silice	69, 4 =	36,	oxig. de l'acide.
Alumine	9, 6 =	4, 48	= 9, 04 ox. des bases.
Chaux	9, 2 =	2, 57	
Potasse	11, 8 =	1, 99	

ce qui donnerait exactement le rapport de 1 : 4 entre l'oxigène des bases et celui de l'acide.

Il paraît que, dans quelques verreries d'Allemagne, on emploie le silicate de chaux (*wollastonite*) dans la fabrication du verre de Bohême.

Crown-glass. C'est aussi un verre à base de potasse et de chaux. L'analyse suivante d'un crown de fabrication allemande, trouvé très bon par M. Cauchoix, montre que la proportion d'oxigène entre l'acide et ces bases y est sensiblement la même. c'est-à-dire : : 4 : 1.

Silice	62, 8 =	32, 6	oxig. de l'acide.
Alumine, oxide de fer et manganèse	2, 6 =	1, 2	= 8, 4 ox. des bases.
Chaux	12, 5 =	3, 5	
Potasse	22, 1 =	3, 7	

En calculant les résultats dans la supposition que les quadri-silicates s'y trouvent atome à atome, on trouve :

1 atome potasse	588 ou	23, 8
1 atome chaux	356 —	14, 3
8 atomes silice	1540 —	61, 9
1 atome crown	2484 ou	100, 0

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Verre à vitres. Le verre à vitres est généralement formé de silice, de soude et de chaux. Comme l'atome de la soude diffère peu de celui de la chaux, il en résulte que, dans ce verre, la quantité de silice varie à peine, bien qu'il renferme des quantités fort différentes de chaux. Celle-ci remplace alors, presque poids pour poids, une portion de la soude. Dans le verre à vitres bien fait, la silice contient environ quatre fois l'oxigène des bases.

On peut aussi employer le sulfate de soude, et même une petite quantité de cendres dans les compositions de verre à vitres.

100 parties de sulfate de soude fondent 200 parties de sable. En effet, 100 parties de carbonate de soude contiennent une quantité d'alcali, qui est à celle du sulfate de la même base comme 3 est à 2.

On a remarqué que des salins fortement colorés par une matière organique, ne marquant que 33, 35 ou 40°, fondent autant de sable que des potasses incolores marquant 55°. Cela pouvait peut-être dépendre de la matière organique qui facilitait la décomposition du sulfate de potasse contenu dans ces salins (1).

Ces salins ne donnent pas de sel de verre, qui est composé de sulfate de potasse, de chlorure de potassium, et d'une quantité minime de sulfate de chaux. Cela peut tenir encore à la présence de la matière organique; car, en ajoutant une petite quantité de charbon à des compositions renfermant des potasses incolores, on empêche aussi la formation du sel de verre.

Des cendres de bois, complètement lessivées, sont fusibles sans aucune addition, et, dans un four chauffant bien, elles peuvent même dissoudre du sable. Cela tient à ce que ces cendres contiennent en général un excès de silicate de potasse saturé de silice et du carbonate de chaux.

(1) On sait qu'une très petite proportion de charbon facilite beaucoup la décomposition du sulfate de soude par la silice dans les pots des verreries; mais il faut bien se garder d'employer un léger excès de carbone, qui colorerait en jaune fauve, en brun ou en noir le verre obtenu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le verre à vitres contient toujours, outre la soude et la chaux, de l'alumine provenant du sable, des creusets et du sel de soude employé. Il paraît que la proportion d'alumine augmente quand on diminue celle de chaux. Cette dernière base, en doses convenables, doit donc ménager les creusets. L'alumine qui se trouve dans le verre exerce une influence marquée sur ses propriétés ; quand la proportion en devient considérable, elle rend le verre plus dur, moins fusible et plus facile à dévitrifier. Il faut donc éviter, dans le choix et le dosage des matières, tout ce qui tend à prolonger la fusion, car on perd du combustible et on gâte les creusets. La présence de l'alumine dans les verres tend à modifier leur loi de saturation, car l'alumine exige moins de silice que les autres bases.

On peut apprécier ces diverses assertions par les diverses analyses suivantes extraites du traité de M. Dumas :

N° 1.	Silice.....	69, 65 =	36, 21	Oxigène.....	36, 21
	Alumine. .	1, 82 =	0, 85	= 8,45 × 4 =.....	33, 80
	Chaux....	13, 31 =	3, 72		
	Soude....	15, 22 =	3, 88	Oxig. de la silice, en excès.	2, 41
N° 2.	Silice.....	69, 25 =	36, 69	Oxigène.....	36, 69
	Alumine. .	2, 20 =	1, 02	= 8, 72 × 4 =....	34, 68
	Chaux....	17, 25 =	4, 83		
	Soude....	11, 30 =	2, 87	Oxig. de la silice, en excès.	2, 81
N° 3.	Silice.....	68, 55 =	35, 64	Oxigène.....	35, 64
	Alumine. .	2, 40 =	1, 12	= 8, 92 × 4 =.....	35 68
	Chaux....	16, 17 =	4, 52		
	Soude....	12, 88 =	3, 28	Oxig. de la silice, en moins.	0, 04
N° 4.	Silice.....	68, 65 =	35, 06	Oxigène.....	35, 6
	Alumine. .	4, 00 =	1, 86	= 9, 6 × 4 =....	36, 24
	Chaux....	9, 65 =	2, 70		
	Soude....	17, 70 =	4, 50	Oxig. de la silice, en moins.	0, 64

En traitant de la peinture sur verre, nous avons insisté sur cette question. Nous ferons en outre observer ici que le moindre état de saturation du verre à vitres paraît se réaliser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quand la silice contient quatre fois l'oxigène des bases réunies, pourvu qu'elles ne contiennent pas beaucoup d'alumine.

Verre à glaces. Sa composition admet toujours les silicates de soude, de chaux et d'alumine. Relativement à la blancheur de la teinte, il serait avantageux de remplacer la soude par la potasse; les glaces se trouveraient débarrassées de la nuance verdâtre ou bleuâtre qu'elles offrent toujours, et on pourrait sans doute augmenter la dose de la chaux, que l'on tient faible dans ces sortes de verres pour éviter la dévitrification. Voici l'analyse d'un verre à glaces :

Silice.....	75, 99...	39, 4		... 39, 4		oxigène de l'acide.
Alumine..	2, 08...	1, 3				
Chaux....	3, 08...	1, 0	=	6, 7		oxigène des bases.
Soude....	17, 5»...	4, 4				

Comme on le voit, cette composition diffère du verre à vitres par les proportions seulement; mais les différences, sous ces rapports, sont notables dans le verre à vitres. En effet, pour chaque atome de soude, il y a toujours, au moins, un demi atome de chaux; dans le verre à glaces, au contraire, pour un atome de soude, on ne trouve qu'un quart d'atome de chaux. Dans le verre à vitres, en réunissant l'alumine et la chaux, l'oxigène de ces bases dépasse toujours l'oxigène de la soude, tandis que, dans le verre à glaces, l'oxigène de la chaux et de l'alumine font à peine la moitié de celui de la soude. Il résulte de ces différences que le verre à glaces est plus fusible, plus altérable et moins dur que le verre à vitres; mais il est aussi moins cassant et moins prompt à se dévitrifier.

Dans l'analyse qui précède, on peut observer que la quantité d'oxigène de la silice est à peu près six fois celle des bases; ce qui tend à confirmer que le verre à glaces se rapproche en effet beaucoup de la composition du verre soluble.

On a remarqué que la soude détruit les creusets beaucoup plus promptement que la potasse lorsqu'on la substitue à cette dernière dans la vitrification. La cause de ce phénomène tient surtout à ce que ceux qui les premiers firent usage de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la soude, lui croyaient une action seulement égale à celle de la potasse et en consommaient une aussi grande quantité. Or, comme la capacité de saturation de la soude est beaucoup plus grande que celle de la potasse (1), la soude est d'ailleurs moins volatile; la quantité qui se trouvait en excès devait attaquer les creusets avec facilité. Cet excès était d'autant plus notable, que la potasse elle-même était déja employée en trop forte proportion. Quant aux doses de carbonate de soude que l'on peut substituer à celle de carbonate de potasse, on peut se fonder sur les observations suivantes que MM. Pelouze et Baudrimont ont faites : 100 parties de potasse de 55 à 58° fondent 200 parties de sable, tandis que la même quantité de sel de soude, à 73°, en fond 300 parties à la même température.

Verre à bouteilles. La composition de ce verre doit être très variable quant aux proportions des matières qui le constituent; mais, quant à leur nature, tout porte à croire qu'ils offrent entre eux peu de différence. On y rencontre toujours de la silice, de l'alumine, de l'oxide de fer, de l'oxide de manganèse en petite proportion, de la chaux, de la potasse et de la soude, ou bien seulement l'une de ces deux dernières bases.

Voici l'analyse du verre à bouteilles de la manufacture de Sèvres :

Silice.....	53, 55 =.....	= 26, 7	oxigène.
Alumine.....	6, 01 = 2, 8 oxig.	= 4, 5	id.
Péroxide de fer.	3, 74 = 1, 7 id.		
Chaux.....	29, 22 = 8, 2 id.	= 9, 1	id.
Potasse.....	5, 48 = 0, 9 id.		
	100, 00		

La composition de ce verre est, comme on le voit, bien définie, puisque, d'une part, la silice contient deux fois plus

(1) Cette cause avait long-temps aussi trompé les blanchisseurs, qui substituèrent l'alcali *indigène* aux potasses; elle explique encore le bénéfice énorme que firent les fabricans de POTASSE FACTICE en vendant, pour potasse d'Amérique, de la soude rendue caustique et coulée en pains et concassés ensuite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'oxigène que les bases, tandis que, de l'autre, l'alumine et l'oxide de fer contiennent moitié moins d'oxigène que la chaux et la potasse. On peut donc la considérer comme équivalent un atome de bi-silicate de chaux et de potasse.

Analyse d'un autre verre à bouteilles.

Silice.....	45, 6	=.....	= 23, 56	oxide.	
Alumine.....	14, 0	= 6, 58....	= 8, 50	id.	
Péroxide de fer.	6, 2	= 1, 92....			
Chaux.....	28, 1	= 7, 64....	= 8, 64	id.	
Potasse.....	6, 1	= 1, 00 ...			
	100, 00				

Au lieu de bi-silicates, on trouve donc ici des sesquisilicates. Au lieu du rapport de 1 à 2 entre l'oxigène des bases indifférentes et celui des bases alcalines, on a le rapport de 1 : à 1. Ces différences permettent de supposer qu'il peut en exister de plus grandes encore.

Ce dernier verre se dévitrifie bien plus facilement que le premier.

La vase de mer des côtes de Dunkerque est employée dans la composition du verre à bouteilles par plusieurs verriers des environs de Valenciennes. Fondue, elle donne du verre propre au travail, mais fragile et peu dense.

Cette vase, molle comme l'argile, est d'un brun bleuâtre ; elle jaunit d'abord à sa superficie, puis graduellement dans toute son épaisseur, lorsqu'elle se dessèche. Elle renferme du sable en grains, quelques débris de coquilles, de mollusques, et répand une odeur qui rappelle son origine. Elle contient :

Silice.....	43, 75	
Alumine.....	13, 82	
Carbonate de chaux.....	36, 28	
Péroxide de fer.....	». , 63	100, 00
Chlorure de sodium et sulfate de soude.	2, 75	
Mat. organique contenant du soufre...	1, 86	
Traces d'iode et perte.....	», 91	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut ajouter à ces matières une quantité d'eau qui varie depuis 1,60 jusqu'à 10 et 12 pour cent.

Cette composition paraît se rapprocher d'un verre de bouteilles analysé par M. Dumas ; mais la dose des bases alcalines y est beaucoup plus faible ; elle n'est peut-être pas vitrifiable sans addition.

Cristal. Il est toujours formé de silice, potasse et oxide de plomb; mais le rapport de ces trois corps varie selon que le four est chauffé au bois ou à la houille. Dans ce dernier cas, on augmente la proportion de l'oxide de plomb.

Voici deux analyses de cristal :

Silice.....	58, »	= 29, »	= oxig.	de l'acide...	= 29
Chaux.....	2, 6	= 0, 72	id.	Ox. des bases.	= 4, 47
Ox. de plomb..	32, 5	= 2, 25	id.		
Potasse.....	8, 9	= 1, 50	id.		

Cristal de Vonèche fait à la houille, analysé par M. Berthier.

Silice.....	61, 0	= 31, 7	= oxig.	31	= ox. de l'acide.
Ox. de plomb..	33, 0	= 2, 3	id.	3, 3	= ox. des bases.
Potasse.....	6, 0	= 1, 0	id.		

Ces analyses démontrent que la loi de saturation du cristal varie, et que l'oxigène des bases peut être à celui de l'acide dans le rapport de 1 : 7 ou de 1 : 9.

Flint-glass. Cette espèce de verre diffère essentiellement du cristal ordinaire, sinon pour la nature, du moins pour l'état de saturation des élémens et pour les quantités relatives de silicate de plomb et de silicate de potasse. Voici la composition du flint-glass de M. Guinand :

Silice.....	42, 5	100, 0
Alumine.....	1, 8	
Oxide de plomb.....	43, 5	
Chaux.....	0, 5	
Potasse.....	11, 7	
Acide arsénique.....	trace.	

Si on représente cette composition par deux atomes de silicate

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de potasse et trois atomes de silicate de plomb, en admettant que, dans les deux silicates, l'oxigène de la base soit à celui de la silice dans le rapport de 1 à 4, on trouve la composition suivante :

2 at. potasse.....	= 1179	ou 0, 126	
3 at. ox. de plomb.....	= 4183	0, 455	
20 at. silice.....	= 5852	0, 419	
d'où 1 at. flint-glass.....	= 11214	ou 1, 000	

Voyez, pour tous les autres détails relatifs à ces deux dernières sortes de verre, l'article CRISTAL.

Vitrification de la baryte.

Dans deux verreries à bouteilles des environs de Valenciennes on faisait usage d'une substance qu'un Belge vendait sous le nom de *spath*, et dont on ne connaissait pas la nature. MM. Pelouze et Baudrimont ont fait voir que c'était le *spath pesant*, ou sulfate de baryte naturel.

Les verriers ont reconnu que le verre dans lequel entre cette matière est plus dense, plus homogène, plus fusible, et se travaille plus facilement. Ils ont encore remarqué que cette matière avait du *fondant* (1).

Dans la proportion de 1 atome de silicate de baryte, plus 3 atômes de silicate de soude, ce mélange, placé dans un four de verrerie, se vitrifie facilement. Le verre qui en résulte peut se

(1) Les verriers donnent le nom de *fondant* à tout ce qui, dans la vitrification, peut servir à dissoudre du sable; à ce titre, on peut être étonné d'entendre dire par un fondeur qu'un sable a plus de fondant qu'un autre; mais leurs observations sont si précises sur les doses d'alcali et de sable qui peuvent se vitrifier ensemble, que l'examen des sables vérifie leurs assertions. Cela s'explique facilement en faisant attention que la durée de la fonte des matières vitrifiables indique le rapport ou la fusibilité de ces matières. L'action des alcalis est d'autant plus rapide que la surface du sable est plus étendue; on voit que le sable le plus fin, ou celui qui, sous un poids donné, présente plus de surface, est celui qui doit avoir plus de fondant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travailler un peu au dessus du rouge cerise, et avec autant de facilité que le verre plombifère dont il a presque l'éclat.

Il est donc très probable que les verriers pourront souvent avec avantage faire entrer, pour son équivalent en baryte, le sulfate de cette base broyé très fin, et ajouté avec les fondans ordinaires.

Ils y trouveraient surtout l'avantage d'obtenir ainsi des qualités commerciales plus belles et mieux vendables.

Relativement à leur éclat, les verres ont été ainsi classés par MM. Baudrimont et Pelouze, en allant du plus au moins : verres à base d'oxide de plomb, de baryte, de potasse, de soude. Il est à remarquer que cet éclat est en rapport avec les poids des atomes basiques qui entrent dans la composition du verre avec sa densité, sa fusibilité et sa puissance réfractive. On peut admettre que c'est à la faible réfraction du verre à base de soude qu'il faut attribuer son peu d'éclat.

La composition du verre influe sur sa densité. Ainsi, les verres à base d'oxide de plomb sont les plus lourds, tandis que les verres alcalins calcaires sont les plus légers, et le verre à bouteilles offre un poids intermédiaire.

Voici les résultats de quelques essais y relatifs, l'eau pesant 1 :

Flintglass.....	3, 3 à 3, 6	Glaces de Cherbourg..	2, 506
Cristal.....	2, 9 à 3, 255	Craie de St.-Gobain...	2, 488
Verre à bouteilles.	2, 732	Crown-glass.....	2, 487
Verre à vitres....	2, 642	Verre de Bohême.....	2, 396

La densité du flint-glass et du cristal pourrait donner une indication assez précise de leur composition ; mais on ne pourrait déduire, même approximativement, la composition des autres verres de leur densité, les différences, sous ce rapport, étant trop faibles entre leurs principes constituans.

Avant de traiter des procédés techniques de la préparation du verre, nous donnerons quelques détails sur les réactions qui ont lieu dans cette opération, sur les matières premières employées et sur les propriétés du verre.

Les réactions qui se passent dans le creuset sont faciles à ex-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pliquer. En effet, si l'on a mélangé ensemble de la silice, du carbonate de soude et du carbonate de chaux, la silice s'empare de la soude et de la chaux, et l'acide carbonique se dégage. De même, si l'on avait mêlé de la silice avec du carbonate de potasse et du minium, ce dernier reviendrait à l'état de massicot, pour s'unir à la silice qui se combine aussi avec la potasse. Il en résulte donc un dégagement d'oxigène et un dégagement d'acide carbonique.

Ces dégagements de gaz qui accompagnent constamment la production du verre et du cristal expliquent la présence si fréquente des *bulles* dans la masse vitreuse. Pour chasser ces bulles, on est obligé de porter la température assez haut pour que le verre devienne bien fluide. Mais comme la potasse et la soude peuvent se volatiliser à cette chaleur intruse, on doit en outre introduire dans les compositions bien plus de potasse et de soude que le verre n'en conserve définitivement.

Une température très élevée est encore nécessaire toutes les fois que l'on emploie des *alcalis* impurs. La présence des chlorures et celle même des sulfates qui fondent sans se mêler au verre occasionneraient dans celui-ci une foule de *nodules* ou *nœuds* blancs et opaques disséminés dans sa masse. A l'aide de la fluidité, qu'une haute température détermine, ces deux matières spécifiquement moins pesantes que le verre, viennent nager à la surface du bain : on les enlève alors avec une *poche* (1).

De la potasse, en se volatilisant, produit bientôt au dessus des creusets une vitrification superficielle des briques de la voûte du fourneau; de là, des gouttes d'un verre coloré qui tombent

(1) Bosc d'Antic a même cherché à prouver que ces chlorures, que l'on désigne sous le nom de *sel de verre,* jouent un grand rôle dans la production des bulles; la tension du sel marin à la température rouge suffit peut-être, en effet, pour en produire. Depuis que les sels de soude sont livrés au commerce à bas prix et plus purs, il se produit bien peu de sel ou de fiel de verre dans la fabrication des verreries blanches; mais, dans les verreries à bouteilles, on en obtient toujours, parce qu'on y emploie des soudes *brutes* impures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelquefois dans le creuset, et que l'on désigne sous le nom de *larmes*.

D'autres accidens de fabrication, les *filandres* et les *cordes*, se présentent plus souvent encore : les filandres proviennent du défaut d'homogénéité dans la masse vitreuse. Quand la densité de celle-ci n'est pas uniforme, le verre soufflé présente çà et là des *stries*, nommées filandres, et qui devient les rayons lumineux. Les *cordes* sont des stries superficielles et protubérantes ; elles ont toujours lieu quand on souffle le verre trop froid.

On emploie dans les *compositions* du verre des substances assez variées ; le sable siliceux, les carbonates de potasse, de soude, de chaux et le minium sont les seules qui soient strictement nécessaires. On peut remplacer les carbonates alcalins par leurs sulfates, et quelquefois on peut se servir de sables argileux et ferrugineux. Pour le verre à bouteilles, la présence de l'alumine est même indispensable. On trouve des verres contenant de la magnésie qui provient du sable employé. Les soudes brutes, les potasses brutes, les cendres elles-mêmes peuvent être substituées aux carbonates purs ; enfin, on a proposé d'appliquer le felsphath et les laves volcaniques à la fabrication du verre. Cet usage du felsphath devait se présenter à l'esprit, lorsque l'on a connu la vitrification si facile de ce minéral. Aussi M. Ghérard l'a-t-il proposée, il y a long-temps déjà, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin. Suivant lui, on devrait mélanger, pour obtenir un verre à vitres,

2 parties de felsphath, 2 parties de sable, 1 partie de craie. Toutefois ces proportions ne pouvaient donner qu'un verre difficile à fondre et prompt à se dévitrifier. C'est précisément ce qui arriva dans une expérience en grand que fit M. Roy, sous les yeux de MM. Chaptal et Allut. Qu'on mélange, en effet, 100 parties de felsphath, 100 parties d'argile d'Arcueil, ou d'une argile analogue, et 80 de chaux vive, ou l'équivalent en carbonate calcaire, et l'on aura la composition suivante :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Felsphath.	Argile.	Verre.		
Silice. . . .	66	63	129	ou bien	46, 3
Alumine. .	18	37	55		20, 0
Potasse. . .	16	»	16		5, 7
Chaux. . . .	»	»	80		28, 0
			280		100,00

C'est-à-dire un verre qui (à la couleur près, si l'argile n'est exempte de fer) sera de même matière que le verre à bouteilles, et en offrira les avantages comme les inconvéniens. Relativement aux verres à vitres ordinaires, ou verres analogues, le felsphath doit pouvoir y entrer pour 1/3 ou 1/4 sans inconvénient bien notable. On produirait ainsi une composition qui ne différerait du verre commun que par la présence de 4 centièmes d'alumine, et il y a dans le commerce des verres qui en contiennent cette proportion et même plus. Il est même probable que, par des additions convenables de BORAX, D'ACIDE BORIQUE ou d'oxide de plomb, on amènerait le felsphath à produire lui-même un verre doué de toutes les qualités désirables.

Ce fut en 1780 que M. Chaptal, alors professeur de chimie à Montpellier, proposa l'emploi de la lave. M. Ducroc, verrier des environs d'Alais, fondit à la houille la lave du volcan éteint de Montferrier, sans aucune addition, et en fabriqua quelques bouteilles. M. de Castelvieil, autre verrier du pays, fondit au bois un mélange de sable de lave et de soude, et obtint ainsi des bouteilles plus légères et plus résistantes que celles qu'on fabrique ordinairement. Ces bouteilles eurent une si grande vogue qu'on ne pouvait suffire aux demandes. Mais, au bout de quatre années, les bouteilles qu'on obtenait ne ressemblaient plus aux premières; elles étaient fort inférieures en qualité : la fabrique perdit sa bonne réputation, et fut forcée d'abandonner le système qu'elle avait adopté avec tant de succès d'abord.

La nature de la lave avait sans doute changé; et, le même dosage ne convenant plus, une analyse pouvait seule guider l'opérateur. C'est par là qu'il faudrait commencer, si l'on voulait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reprendre une fabrication digne à tous égards d'être soumise à des épreuves que l'état de la science rendrait bien plus faciles. Pour avoir pris une autre marche, M. de Castelvieil à échoué, et M. Fougeroux de Bonderoy, qui paraît s'être occupé en 1787 de la même question, sans avoir connaissance des faits qui précèdent, n'a point réussi non plus.

Recuit du verre. Quand le verre a été chauffé au point de se ramollir, et qu'on l'expose à un refroidisement brusque, il est très cassant; lorsqu'au contraire, on le soumet à un refroidissement gradué, il devient capable de résister sans se rompre sous des chocs assez forts, et il résiste également bien à des variations de température assez brusques. On a comparé ces phénomènes à la trempe de l'acier.

On observe le fait général d'une manière fort simple. Que l'on prenne en effet du verre fondu, et qu'on le laisse tomber goutte à goutte dans de l'eau froide; chaque goutte se solidifiera subitement et prendra la forme d'une larme, la petite masse qui s'est détachée de la canne ayant filé pendant quelques instans avant de s'en détacher complètement. On a donc ainsi une masse de verre plus ou moins volumineuse, et généralement sphéroïde ou ovoïdale, allongée en une queue qui se termine en pointe très effilée. La surface de ce verre est plus dure qu'à l'ordinaire; mais dès que l'on vient à casser la petite queue, toute la masse vole en éclats avec une légère détonation. Ces petits objets sont connus sous le nom de *larmes bataviques*. On explique le phénomène qui les produit en supposant que, par l'immersion dans l'eau froide, la superficie du verre s'est subitement solidifiée, les parties centrales étant encore rouges, et par conséquent fortement dilatées. Quand ensuite ces dernières refroidies se sont solidifiées, elles ont dû, par des points d'adhérence avec la surface, occuper un volume plus grand que celui qui convient à la température à laquelle elles se trouvent; les molécules centrales, plus écartées qu'à l'ordinaire, exercent donc sur l'enveloppe une très forte traction. Dès qu'une portion de l'enveloppe se trouve rompue, les particules qu'elle retenait, vivement contractées, ébranlent toutes les autres, qui déterminent alors et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simultanément une foule de points de rupture; tous les fragmens précipités avec force chassent l'air devant eux; ce fluide, par les dilatations et contractions brusques qu'il éprouve, produit la détonation que l'on entend.

Ce sont des phénomènes analogues qui ont lieu dans les vases de verre un peu épais livrés au commerce; de légères variations de température, celle, par exemple, qu'ils éprouvent lorsqu'on les transporte d'une chambre sans feu dans une chambre chauffée; il arrive parfois que ces verres éclatent tout-à-coup sans cause apparente. On conçoit que plus les verres sont épais, et plus il y a de chance dans la production des effets de cette espèce.

L'opération qui porte le nom de *recuit* a pour but d'éviter les accidens précités; elle consiste à soumettre le verre à un refroidissement très lent. A cet effet, on le place pour recuire dans des fours parliculiers que l'on chauffe jusqu'au rouge, et qu'on abandonne à un refroidissement prolongé, après en avoir fermé toutes les issues. Quelquefois le recuit a lieu dans de longues galeries, où l'on place des caisses en tôle, liées les unes aux autres par des crochets. La galerie est chauffée vers une de ses extrémités. Pendant tout le reste du trajet, les caisses en tôle et le verre qu'elles contiennent éprouvent un refroidissement qu'on ralentit à volonté en prolongeant le séjour des caisses dans la galerie. Cette disposition est la meilleure de toutes, car la partie chauffée ne se refroidit pas, et le service est continu et très facile, puisque, d'un côté, on retire le verre recuit, et que, de l'autre, on enfourne à mesure le verre à recuire. Ce système de four convient surtout dans les fabrications où, comme pour les poteries, l'on veut échauffer une matière à un point fixe, et dans lesquelles l'échauffement et le refroidissement doivent l'un et l'autre se faire avec lenteur.

Le recuit du verre dans les fabriques est en général insuffisant. On emploie pour quelques objets un autre moyen de recuit fort simple, mais qui serait trop coûteux s'il fallait s'en servir en grand.

Il consiste à placer les vases de verre dans une bassine, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ayant soin de les séparer par un peu de foin et de paille. On remplit d'eau les vases et la bassine, et on porte le liquide à l'ébullition; on laisse ensuite le tout refroidir lentement. Les vases, ainsi traités, bien plus régulièrement refroidis que dans l'air des galeries, sont pour ainsi dire assurés contre les effets nuisibles des changemens brusques de température entre les limites de 50 à 100°, ou environ, suivant leur épaisseur.

Quand le verre n'a point été recuit, on le coupe très facilement en lui faisant éprouver un changement de température un peu brusque; à l'instant même, une fente très nette se détermine sur le point échauffé ou refroidi brusquement. Les verriers mettent sans cesse cette propriété à profit pour détacher de la canne les vases qu'ils façonnent, pour couper ceux-ci en divers sens, etc. Mais lorsque le verre a été recuit, on ne parvient plus aussi facilement à le fendre par ce moyen. Il faut, en général, alors avoir recours à un trait de lime pour déterminer la première rupture. Quand le verre a été entamé par la lime, qu'on le chauffe au moyen d'un fer rouge ou d'un charbon ardent, et qu'on touche ensuite le point échauffé avec une gouttelette d'eau froide, la rupture s'opère subitement; la fente une fois commencée, il suffit pour la prolonger de chauffer le verre du côté où l'on veut la diriger, et à quelque distance du point où elle s'est arrêtée d'abord. L'inégale dilatation que le verre éprouve occasionne de proche en proche ce prolongement de la rupture. Dans les laboratoires où l'on a sans cesse à découper des vases de verre de diverses formes, on se sert pour les chauffer de petits cylindres formés avec de la poudre de charbon mise en pâte avec de l'eau gommée; ces charbons brûlent lentement à l'air; mais, en soufflant sur le point enflammé, on rend la combustion suffisamment vive, et la pointe se maintient conique pendant la durée de l'opération. On arrive au même résultat en se servant, comme Lebaillif l'a indiqué, de petites baguettes en bois qu'on a fait bouillir dans une solution de nitrate de plomb; ces baguettes séchées brûlent assez vivement pour développer vers la pointe la haute température que l'on veut obtenir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces moyens s'appliquent surtout aux verres cylindriques; les verres plats se coupent si facilement au moyen du diamant, qu'on n'emploie par d'autre méthode pour eux. M. Wollaston a fait le premier des observations fort ingénieuses à ce sujet, et donné l'explication de cette opération très anciennement pratiquée.

Rayer et couper sont deux choses bien distinctes: dans le premier cas, la surface est irégulièrement brisée sous la forme d'un sillon raboteux; dans le second, on produit une fissure unie, une fente légère qui peut être continuée sans interruption d'une extrémité à l'autre de la glace qu'on veut rompre. L'artiste adroit fait un petit effort sur une des extrémités de cette ligne, et la fente qu'il forme se prolonge presque toujours jusqu'à l'autre.

Depuis long-temps on sait que les substances plus dures que le verre ont la propriété de le rayer; mais on avait généralement pensé que celle de le couper appartenait au diamant seul: tout en admettant que sa grande dureté continue à rendre ce genre d'action durable, M. Wollaston pense que cette propriété dépend d'un effet mécanique qu'on peut reproduire avec d'autres substances.

Quand un diamant est façonné par un lapidaire, toutes ses surfaces sont à peu près planes, et conséquemment les lignes suivant lesquelles elles se coupent, ou les arêtes, sont des lignes droites; mais dans les diamants naturels, qui sont ceux que les vitriers emploient toujours, et surtout dans ceux dont ils se servent de préférence, les surfaces sont généralement courbes; en sorte que, par leurs intersections, elles donnent naissance à des arêtes curvilignes. Si l'on place le diamant de telle sorte qu'une de ses arêtes soit tangente près de ses extrémités à la fissure qu'on veut produire, et si les deux faces adjacentes sont également inclinées à la surface du verre, on aura satisfait aux conditions qui rendent l'opération facile. La courbure de l'arête étant peu considérable, les limites de l'inclinaison sont très rapprochées. Quand le contact est convenablement formé, on obtient une simple fissure produite par la pression latérale des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux faces du diamant, pression qui s'exerce également de chaque côté; par ce moyen, les portions contiguës de la surface du verre tendent à se séparer plus que leur élasticité ne le comporte, et une séparation partielle des élémens du verre, une fente peu profonde, en résulte, limitée par l'élasticité des parties inférieures moins fortement sollicitées.

La forme de l'arète du diamant étant la principale cause des effets qu'il produit, d'autres minéraux doués d'une dureté suffisante pourraient présenter des résultats analogues si l'on rendait leurs arètes un peu courbes. M. Wollaston, ayant donné cette forme à un saphir, à un rubis spinelle, à un fragment de cristal de roche, et à quelques autres corps, trouva que chacun d'eux avait, pendant un certain temps, la propriété de former dans le verre des fissures nettes. Il paraît très probable que la durée singulière de l'action des diamans coupans provient de ce que la dureté est plus grande dans la direction des angles naturels de ce cristal que dans tout autre sens.

Propriétés chimiques du verre. L'air ou l'oxigène sec, froid ou chaud, n'exerce aucune action sur les verres; il n'en est pas de même de l'air humide, comme nous le verrons plus bas.

On conçoit que les corps désoxigénans peuvent au contraire agir, à l'aide de la chaleur, sur les verres qui renferment des oxides de fer ou de manganèse, et surtout de l'oxide de plomb. En effet, quand on chauffe des verres plombeux avec du charbon ou dans un courant d'hydrogène, ces verres éprouvent très promptement une altération profonde; l'oxide de plomb se réduit, et le plomb métallique mis à nu communique au verre une teinte noirâtre. Cet effet est si rapide que l'on ne peut travailler le cristal à la lampe d'émailleur sans le noircir profondément, si l'on n'observe des précautions particulières. Celle qui réussit le mieux consiste à placer un peu de savon sur la mèche de la lampe; la flamme change tout-à-coup d'aspect, et ne noircit plus le cristal. Il est probable que la présence du savon altère la capillarité de la mèche, diminue l'ascension de l'huile, permettant ainsi une combustion plus complète.

L'eau n'agit pas sur tous les verres; mais pourtant il en est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs qu'elle tend à décomposer en silicate alcalin soluble, et silicate terreux et alcalin insoluble. Elle produit, en quelque sorte, le même partage qui résulterait d'un refroidissement lent ou de la dévitrification du verre. Les verres à vitres, ou ceux qui ont une composition analogue, sont altérés de cette manière et très profondément par l'eau bouillante. Depuis long-temps Schèele en a fait la remarque, de telle sorte que l'eau qu'on fait bouillir long-temps dans des vases de verre devient alcaline et se trouble par la portion de silicate terreux et alcalin insoluble, qui forme le résidu de son action, et qui, se détachant des parois du vase, reste en suspension dans le liquide. Cet effet est si prononcé sur le crown-glass, le verre à glace, et certains verres à vitres, qu'il suffit de les réduire en poudre fine, et de les mettre en contact avec l'eau froide, pour qu'ils lui communiquent une réaction alcaline. Ces mêmes verres sont presque toujours assez hygrométriques pour se recouvrir d'une légère couche d'eau quand on les expose au contact de l'air humide.

Cette action de l'eau explique un assez grand nombre de phénomènes que l'on observe sur les verres, et principalement sur les verres à base de chaux et de soude, ou de potasse. Tout le monde sait que les glaces polies se ternissent quelquefois à l'air; ce résultat tient au dépôt d'une couche d'eau hygrométrique; on l'observe également sur les verres des instruments d'optique; l'effet ne va pas plus loin si le verre est bien fait; mais, s'il est trop alcalin, l'eau déposée en attaque peu à peu la surface, et produit ainsi une décomposition semblable à celle que l'on vient d'étudier; dès lors le verre est terni sans remède, ou du moins il faut le polir de nouveau. Quelquefois l'aspect terne est peu sensible, et déja l'altération est très profonde; on s'en aperçoit dès qu'on essaie de chauffer le verre. Sa surface se détache en écailles très minces et lamelleuses, qui imitent, par la régularité de leurs cassures, le phénomène qui donne naissance à la porcelaine *truitée*. Mais, dans le verre, les écailles soulevées sont très petites, se détachent entièrement, et tombent sous forme d'une poussière farineuse; le verre reste alors dépoli, rugueux et demi-transparent. Les tubes de verre, les ballons,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les cornues, et même les verres à pied, qui, dans les laboratoires, sont long-temps exposés à l'air humide, offrent très souvent ce phénomène : dans cet état, les tubes ne peuvent plus être chauffés à la lampe sans perdre leur poli. Les verres de montre sont presque toujours dans ce cas; les verres des instruments d'optique le présentent très souvent aussi : il paraît même que les verres qui ont été polis sont plus exposés à cet effet que les verres ordinaires. On sait, en effet, que les verres qui n'ont pas été polis offrent une superficie plus brillante et plus dure, ce qui semble dû à une espèce de vernis vitreux plus compacte.

Il est donc possible que le polissage rende les verres plus attaquables en mettant à nu la partie intérieure de la masse, et en détruisant la couche dure qui la garantissait.

Les vitres des habitations d'une date ancienne présentent souvent une surface terne et dépolie, dont il faut attribuer l'origine à une semblable cause. Lorsque l'eau hygrométrique a attaqué le verre, les moindres changemens de température en font éclater de très petits fragmens qui laissent ainsi la superficie terne, dépolie ou du moins fendillée et disposée à se soulever en écailles par le moindre frottement; cet effet se remarque surtout dans les vitres des écuries : au bout de quelques années, elles se trouvent tellement altérées, qu'elles offrent tous les phénomènes de décomposition de la lumière que produisent les lames minces; aussi sont-elles irisées, et quelquefois d'une manière fort remarquable, par l'intensité et la pureté des couleurs.

C'est encore la même cause qui a produit l'altération si forte des verres anciens que l'on retrouve dans les ruines ou dans les tombeaux; leur surface est entièrement décomposée; quelquefois elle est devenue opaque, et le moindre frottement la fait tomber en pellicules minces et légères qui offrent toutes les couleurs de l'iris. Quand on a détaché la partie décomposée de la surface extérieure d'une fiole, on la croirait étamée, mais il n'en est rien; cet aspect est dû à la couche intérieure du verre décomposé, qui, à raison de son opacité parfaite, renvoie toute

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la lumière qui traverse la partie encore transparente : on retrouve donc ici, mais avec plus d'intensité, les effets que l'on peut observer si fréquemment sur les vitres des écuries.

Puisque l'eau seule peut agir sur le verre avec tant d'énergie, on concevra facilement que la potasse et la soude, en solutions concentrées, puissent attaquer le verre; on a peu étudié ce genre de réaction. A la température rouge, non seulement la potasse et la soude, mais tous les carbonates et toutes les bases de la première section, se combinent avec les élémens du verre pour constituer des verres plus basiques. Quand on se sert de carbonates, l'acide carbonique est chassé; on peut même dire que tous les oxides, non décomposables par la chaleur, chauffés avec le verre, s'y combinent, et forment ainsi des verres transparens ou opaques, colorés ou incolores, plus ou moins attaquables que le verre employé selon les doses. En général, quand on augmente beaucoup la dose de l'oxide qu'on ajoute, on rend le verre soluble dans les acides; c'est ce qu'on fait pour l'analyse du verre quand on le traite par le carbonate de soude, par le carbonate de baryte, ou par l'oxide de plomb.

A leur tour, les acides doivent agir sur les verres avec facilité; parmi eux, l'acide hydrofluorique doit être classé à part à cause de son action toute spéciale; les autres acides tendent à décomposer le verre en s'emparant des bases, et mettant la silice à nu.

Parmi les verres à bouteilles, il en est beaucoup qui résistent à l'action du vin, et qui, toutefois, sont fortement attaqués par les acides nitrique, hydrochlorique et sulfurique. Il se forme des sels de chaux, de fer, d'alumine et de l'alun, quand on se sert d'acide sulfurique; ce dernier acide produit dans l'intérieur des bouteilles des mamelons cristallins, dont la base finit par percer le vase; ces mamelons ont quelquefois la grosseur d'une fève; dans tous les cas, la silice devenue libre se prend en gelée (1).

(1) Le verre à bouteilles trop riche en alumine est un de ceux que les acides

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les verres à base de plomb sont d'autant plus attaquables, qu'ils sont plus riches en plomb. Le cristal bien fait résiste très bien; il en est de même des verres à vitres; trop alcalins, ils sont attaqués et très facilement; bien faits, ils résistent: aussi quand un verre se dépolit par la chaleur, est-on sûr qu'il est attaquable par les acides (1).

Nous avons dit que l'acide hydrofluorique agit sur le verre d'une manière spéciale; en effet, comme cet acide transforme la silice en eau et en fluorure de silicium, il en résulte qu'il doit agir sur tous les verres; son action serait même toujours prompte et complète, si la formation d'une certaine quantité de fluorure double de silicium et de sodium, ou de potassium, ou d'aluminium, ou de calcium, ou de plomb, fluorures doubles, qui sont tous peu solubles ou insolubles, ne diminuait le contact, et par conséquent l'effet produit.

L'acide hydrofluorique attaque le verre vite et facilement quand l'action s'exerce sur une petite surface, et qu'on emploie beaucoup d'acide. On tire parti de cette propriété pour graver le verre; l'acide s'emploie gazeux ou liquide, selon l'occasion et

---

attaquent le plus facilement; on a vu de ces verres que le bitartrate de potasse contenu dans le vin attaquait assez vite pour que l'altération fût déjà sensible au bout de peu de jours. Le sel d'alumine produit, décolore le vin, et lui communique une saveur désagréable. La bouteille se corrode, et il s'en détache un dépôt floconneux; en même temps, il se dépose des cristaux de divers sels.

(1) C'est sur cette action des acides que M. Guyton-Morveau a basé un procédé propre à l'essai des verres. Il place le verre à essayer dans un creuset, l'entoure de sulfate de fer du commerce, couvre le creuset, et le chauffe au rouge. Par la calcination, le sulfate de fer laisse dégager de l'acide sulfurique anhydre, qui réagit d'autant mieux sur le verre que la température est élevée. Les bons verres résistent à cette épreuve, les mauvais sont plus ou moins corrodés. Ce mode d'essai peut être remplacé très avantageusement par un autre, qui consiste à réduire le verre en poudre fine, et à soumettre celle-ci à l'action de l'acide nitrique pur et bouillant. L'acide détruit les verres trop basiques plus vite et plus complètement que les verres d'une composition mieux saturée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le but qu'on se propose; l'acide gazeux donne des traits opaques, l'acide liquide en fournit de transparens.

Pour graver sur verre au moyen de l'acide gazeux, on nettoie le verre, on le sèche bien, on le chauffe, et on y verse un vernis fondu que l'on y étale en couche homogène; ce vernis est formé de cire et de thérébentine; il doit être assez mou pour que le burin l'enlève sans l'écailler; on le forme, en général, d'une partie de thérébentine pour quatre parties de cire. Quand le verre est froid, le vernis a repris un peu d'opacité, mais point assez pour empêcher de calquer; on passe alors un burin sur le vernis en suivant les traits du dessin, et on entame le vernis jusqu'au verre. Quand le dessin est tracé, on expose le verre ainsi préparé à l'action de la vapeur hydrofluorique : pour cela, on se sert d'une caisse en plomb ou d'un vase en terre; on y place du fluorure de calcium en poudre, mélangé avec de l'acide sulfurique concentré; on place le vase sur un feu très doux, et on pose sur son orifice le verre qu'il s'agit de graver. Quelques minutes après que la vapeur a commencé à se dégager, l'opération est terminée : on retire le verre, on enlève le vernis en le fondant et l'essuyant avec un linge doux.

Au lieu d'exposer le verre à l'action de l'acide en vapeur, si on le plonge dans de l'acide liquide faible, le même effet s'obtient au bout de peu d'instans.

Mais quand on veut produire un dessin pur et correct avec des demi-teintes et des ombres fortes, il faut avoir recours à un procédé plus délicat et plus long; il faut aussi se servir d'un vernis particulier; c'est du moins ce qui résulte des observations de M. Hann, qui est en effet parvenu à reporter sur verre les dessins les plus compliqués d'effet, et à les rendre tous au ton désiré.

Pour obtenir une gravure sur verre bien soignée, très délicate, et d'une profondeur différente et déterminée, on couvre le verre avec un vernis à l'huile de lin siccative, ou mieux encore, le vernis gras de copale, noirci avec le noir de fumée calciné, parfaitement broyé et délayé dans l'essence de thérébentine. Les couches doivent être minces; il faut qu'elles soient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien sèches avant d'en mettre une nouvelle ; on cesse de couvrir le verre de vernis dès qu'on s'aperçoit que la lumière ne le traverse que très difficilement ; la couche de vernis ne doit pourtant pas être trop épaisse, le vernis serait disposé à s'écailler, principalement dans les points où les traits doivent être très rapprochés ou croisés.

Le verre préparé, on calque le dessin, et l'on enlève le vernis avec des pointes de graveurs, ou de simples aiguilles de différentes formes et grosseurs. Pour plus de commodité, on éclaire le dessin par-dessous, en l'inclinant à peu près de 45° sur un pupitre à jour.

Après avoir fait le dessin, il faut le ronger avec l'acide hydro-fluorique liquide ; mais avant de commencer cette opération, on doit essayer le verre aussi bien que l'acide ; on fait cet essai préliminaire sur un petit coupon du même verre couvert du même vernis. On divise ce coupon en cinq ou six parties, on fait sur chacune de ces parties quelques traits à l'aiguille, et on commence à les couvrir successivement, et de minute en minute, au moyen d'un pinceau, avec de l'acide hydro-fluorique liquide. Lorsque l'acide a agi pendant une minute sur la dernière portion, il a donc été en contact avec le verre pendant deux minutes sur la précédente, et pendant six minutes sur la première. Cela fait, on lave le coupon à grande eau, et on enlève le vernis avec un couteau et de l'essence de thérébentine : il n'est plus difficile de fixer le temps convenable pendant lequel on doit faire agir cet acide sur le dessin ; pour être sûr de réussir, et pour le ronger à une profondeur voulue, on porte alors l'acide sur le dessin au moyen d'un pinceau de poil de chameau, et, après le temps déterminé par l'essai de réaction, on le lave à grande eau, et on le débarrasse du vernis.

Avant de nous occuper des détails de la fabrication proprement dite, nous décrirons les différens fours des verreries ; renvoyant pour les fours analogues, où le bois sert de combustible, à l'article Cristal. On trouvera dans ce dernier article divers documens techniques que nous avons omis ici, afin d'éviter des répétitions.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La planche 90 (*Arts chimiques*) représente un *four à vitres, à la houille*, construit sur les plans de M. Dartigues: fig. 1, plan au niveau de la grille; fig. 2, coupe en A B; fig. 3, plan suivant la ligne A B, (fig. 2) fig. 4, coupe en D E, fig. 5; coupe en G H, fig. 6; coupe suivant la ligne F, fig. 7; élévation du corps du four pour montrer de face la disposition extérieure des ouvreaux, fig. 8; élévation dans ce four à huit pots. On peut fondre et travailler, en vingt-quatre heures, 1,500 à 1,700 kilogr. de matière pour verre à vitres, en brûlant 1,800 kilogr. de houille. Celle-ci ne doit être ni trop *collante*, ni sujette à décrépiter au feu.

La fig. 2 montre les principales dispositions de ce four: E, grille du foyer; E E, portes pour le charger; D, cendrier, 11 pots ou creusets; F F, voûtes situées au-dessous des arches; N N, conduits par lesquels la fumée passe dans les arches. Ces conduits se voient mieux dans la fig. 4, sous les lettres PP, où l'on aperçoit la disposition des quatre arches, ainsi que celle de leurs ouvertures SSSS, par lesquelles la fumée s'échappe.

La planche 91 (fig. 1, 2 et 3) montre un *four à vitres au bois*, d'après M. Dartigues.

La fig. 1 représente l'élévation du four; la fig. 2, le plan au niveau des pots; la fig. 3, une coupe prise en travers d'un des pots. Les pots ou creusets sont ovales, ce qui économise la place dans le four. En face de chaque ouvreau se trouve un tréteau sur lequel se placent les ouvriers. A hauteur d'appui, et à la droite du maître ouvrier, est une auge carrée remplie d'eau, et une fourchette en fer. Il place sa canne sur la fourchette, et la rafraîchit au moyen de l'eau contenue dans la caisse, toutes les fois que cela est nécessaire. Sur le plancher et au dessous de la caisse se trouve le *mabre*, ou bloc en bois de hêtre, dans lequel on a creusé plusieurs demi-poires. Dans ce four, pour obtenir 1,000 kil. de verre, on brûle 2,000 kilogr. de bois tel qu'il vient de la forêt; on fait de trente à trente-quatre travaux en trente jours.

Fig. 4, creuset } sur une plus grande échelle.
Fig. 5, mabre }

Fig. 6, 7, 8, 9 10 et 11, four à étendre les vitres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 10, plan du four au niveau du tizard; fig. 11, plan pris au niveau de la tôle du four à étendre et du four à recuire les vitres; fig. 8, coupe en CD; fig. 9, coupe en A B; fig. 7, élévation du côté de l'ouverture de la trompe; et fig. 6, autre élévation du côté de la partie du fourneau à recuire.

Pour échauffer le four, on charge le tizard par les deux bouts. Quand on veut étendre, on ne laisse qu'une petite ouverture du côté du four à étendre, par laquelle on met une bûche de temps à autre. La flamme du tizard se répand dans les deux fours par les ouvertures *e, e, e, e, e, e*, fig. 11. Cette figure montre en E, E, la trompe par laquelle arrivent les cylindres de verre. En F, se trouve le lagre sur lequel on les étend. Le travail se fait par une porte placée en C, fig. 8; on pousse les vitres dans les fours à recuire, ou par la porte L; on les redresse en les appliquant sur des barres de fer placées en S.

Fig. 12, canne à souffler le verre.

Fig. A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, M, façon d'une vitre soufflée dans ses transformations successives.

Planche 92.

Fig. 1 et 2, four à boudines.

Fig. 3, four à verre en tables, d'après M. Dartigues; élévation du four disposé pour le travail.

Fig. 4, plan du même four pris au niveau des creusets. Les principales dispositions de ce four sont semblables à celles du four à vitres.

Fig. 5, coupe en A B du four à étendre le verre en tables.

Fig. 6, plan du même four pris au niveau des places d'étendage; EE, trompe pour conduire les cylindres; F, plaque du four à étendre; J, place où se met l'étendeur; H, couverture pour passer les tables de verre dans le four à recuire en G; CC, porte par laquelle on pousse les tables de verre de F en G; L, baguettes de fer qui servent à soutenir les tables à recuire. A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, façon du verre en tables. Pour la façon du verre à boudines, voyez encore la planche 32.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Planche 93.

Four à glaces coulées. — Fig. 1, élévation du four du côté des ouvreaux.

Fig. 2, élévation de la tonnelle.

Fig. 3, coupe suivant la ligne A B.

Fig. 4, plan au niveau du foyer.

Fig. 5, plan au niveau des arches.

Fig. 6, coupe suivant la ligne C D.

Fig. 7, détail de la fermeture de la tonnelle.

Fig. 8 et 9, pièces qui ferment les ouvreaux.

La fig. 5 montre les principales dispositions de ce four. A, foyer que l'on charge en bois par les ouvertures ménagées à la tonnelle (fig. 7) : c'est le siége sur lequel se placent les pots et les cuvettes; B, plan incliné par lequel le siége vient se réunir au foyer; D D, creusets ou pots à fondre la matière; E E, cuvettes dans lesquelles la matière se prépare au coulage; F F F, ouvreaux; L L, arches à cuire les pots et les cuvettes; P P, creusets; S S, cuvettes qui cuisent; H H, lunettes ou conduits par lesquels la flamme passe dans les arches. Les arches vides sont destinées à fritter les *compositions* pour le verre.

L'ouverture A, fig. 2, nommée *tonnelle*, sert à enfourner les pots; elle est fermée ensuite, sauf une ouverture carrée que l'on voit, fig. 7, et qui sert de tizard pour jeter le bois sur l'âtre. On ferme la tonnelle par le haut avec des briques, et par le bas avec des pièces *a*, *b*, *cc*, *dd*, dont la disposition est indiquée en élévation et en plan.

Les ouvreaux sont fermés par des tuiles (fig. 8 et 9), munies de trous qui servent, soit à les poser, soit à les enlever avec des fourches en fer.

Planche 94.

Four de verrerie allemand pour bouteilles, chauffé au bois, suivant M. Dartigues.

Fig. 3, plan au niveau des siéges.

Fig. 4, plan au niveau des arches.

Fig. 1, coupe suivant la ligne A, B.

Fig. 2, coupe suivant la ligne C, D.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la fig. 4, G N, sont les fours à fritter les matières ; *m*, *m*, *m*, *m*, seront, soit des fours à recuire, soit des fours à fritter, soit des fours à cuire les pots ; leur emploi varie selon les besoins et les localités.

Four à boudines, chauffé au bois, d'après M. Dartigues.

Fig. 5, coupe selon la ligne A B.

Fig. 6, plan à la hauteur des ouvreaux.

Ce four peut servir à la fabrication des bouteilles, à celle du verre à boudines, ainsi qu'à la fabrication de la gobletterie commune.

Les pots *a*, *b*, *c*, et leurs ouvreaux *ccc*, sont disposés pour gobletterie commune.

Les pots *d*, *e*, *f*, et les deux ouvreaux D E, sont disposés pour verre à boudines ; sâvoir, l'ouvreau D pour commencer le plat, et l'ouvreau E pour l'achever.

Le pot intermédiaire *a* est destiné à préparer la matière. Les fig. 1 et 2 de la planche 92 se rapportent à ce même four ; la fig. 1 est une coupe prise en A B, et la fig. 2, présente deux plans. Dans la partie supérieure de la figure, le plan est pris au niveau des arches ; dans la partie inférieure, le plan est pris au niveau de E E (fig. 1).

A′, B′, C′, D′, E′, F′, G′, H′, I′, de la planche 92, montrent la façon du verre à boudines. La boule soufflée en E′, puis applatie en F′, et coupée en G′, est fixée sur la canne par son côté plat. On agrandit l'ouverture, et on étale la pièce en disque ; on peut procéder d'une autre manière qui a été indiquée plus loin.

Verre à vitres.

On en distingue de deux sortes : le *verre blanc* et le *verre demi-blanc*. Cette distinction entre les deux nuances est importante, car bien que la composition de ces deux sortes de verre soit à très peu près la même, leurs usages diffèrent ; le premier convient à toutes les applications, le second ne peut servir qu'aux objets d'une faible épaisseur. Dans la plupart des verreries, on fabrique simultanément ces deux variétés, et on le concevra très bien en songeant que tous les résidus de fabrica-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion du verre blanc, et même le *picadit*, c'est-à-dire la matière vitreuse écoulée autour de la base du creuset, et qui s'est fortement salie en attaquant les briques du fourneau, peuvent être employés dans la fabrication du verre demi-blanc.

Ces deux qualités de verre renferment de la silice, de la soude; plus rarement, de la potasse et de la chaux. On y rencontre accidentellement de l'alumine, de l'oxide de fer et de l'oxide de manganèse.

Le verre à vitres blanc ou en tables est de toutes les espèces celui qui se fabrique le plus généralement soit pour faire des vitres, soit pour la confection des cylindres employés à couvrir les vases à fleurs, les pendules, etc.; c'est encore cette espèce de verre qui sert à encadrer les estampes, à garnir les portières des voitures, à faire les plateaux des machines électriques, etc.

Préparation. Dans ce verre, on peut remplacer la soude et la potasse par des quantités proportionnelles de chaux qui changent selon le gré du fabricant, et doivent aussi varier d'après l'allure du fourneau. Voici une des nombreuses compositions qui donnent un verre de belle qualité:

	Sable	100	parties.
	Craie	35 à 40	
	Carbonate de soude sec	35 à 30	
	Groisil (verre cassé)	180	»
Plus quelquefois.	Péroxide de manganèse	0 25	
	Et arsenic	0 20	

Les trois compositions suivantes, indiquées par M. Bastenaire, sont trop riches en alcali et trop pauvres en chaux:

1ère composition.	Sable blanc	100	parties.
	Potasse de bonne qualité	65	»
	Chaux éteinte à l'air	6	»
	Calcin de verre blanc	50	»
	Oxide d'arsenic	1	»
	Oxide de manganèse	0 30	
2ème composition.	Sable très blanc	100	
	Soude riche	90	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Oxide rouge de plomb (*minium*).	5	»
	Calcin de même composition. . .	100	»
	Carbonate de chaux.	5	»
	Oxide de manganèse.	0	40
3ème composition.	Sable blanc.	100	parties.
	Soude de bonne qualité. .	80	»
	Carbonate de chaux. . . .	8	»
	Calcin.	110	»
	Oxide de manganèse. . . .	0	20
	Oxide de colbat.	0	10

Il paraît qu'il peut être avantageux de joindre le sel marin aux fondans ordinaires pour faciliter le mélange et par suite la fusion.

Gehlen introduisit en Allemagne le sulfate de soude pour remplacer le carbonate, et depuis que l'ordonnance du 17 juillet 1826 accorde la franchise du droit sur le sel à la fabrication du sulfate de soude en France, ce sel a été généralement adopté dans nos verreries. Le but qu'on doit se proposer en l'employant est de rendre autant que possible sa décomposition par la silice prompte et facile. On y parvient en ajoutant au mélange une quantité de charbon convenable pour transformer l'acide sulfurique en acide carbonique et sulfureux. Pour chaque atome de sulfate de soude sec, il faut donc un atome de charbon, ou bien environ pour 1,000 de sulfate de soude, 42 de charbon. Mais en y réfléchissant, on verra facilement qu'il faut augmenter cette quantité pour réparer la perte du charbon que la combustion peut occasionner pendant la durée de la première fusion ou de la fritte. En général, on triple la dose indiquée par le calcul. Ainsi on prend, par exemple, pour avoir un beau verre à vitres :

Sable.	100 parties.
Sulfate de soude sec.	44
Charbon en poudre.	6
Chaux éteinte.	6
Rognures de verre.	20 à 100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette recette et la première recette que nous avons donnée donnent de bons résultats; mais tout le monde est d'accord sur ce point, que les dosages doivent varier avec l'état de l'allure des fourneaux; car l'élévation de la température, non seulement n'est pas la même dans toutes les verreries, mais encore elle est variable dans le même fourneau de fusion. Ordinairement l'activité d'un four qui allait d'abord en croissant, baisse, par suite de l'altération des parois, au bout de quelques mois de service, et alors il faut augmenter la dose des fondans.

Façon. On façonne le verre à vitres de deux manières différentes; l'une, pratiquée long-temps dans toutes les verreries, est abandonnée en France, mais elle s'est conservée en Angleterre; l'autre, d'invention plus récente, est généralement en usage dans toutes les verreries de France.

D'après l'ancien procédé, l'ouvrier cueille au bout de la canne une petite masse de verre; il la maintient en place, tournant continuellement la canne jusqu'à ce que la masse commence à se figer; il cueille alors une nouvelle dose de verre, et ainsi de suite, tant que le bout de l'instrument n'en est pas suffisamment chargé. Dès qu'il a ainsi rassemblé la quantité de verre convenable, il présente le bout de la canne à un grand ouvreau pour ramollir le verre. Il souffle cette masse et en forme une sphère volumineuse; celle-ci, présentée de nouveau à l'ouvreau, s'y ramollit encore, et en tournant toujours, l'ouvrier aplatit le côté opposé au bout de la canne. Au milieu de la partie plate, il sonde une autre canne, et coupe le col du sphéroïde vers le bout de la première canne. Il suffit alors de dilater l'ouverture de ce col au moyen d'une planche qu'un aide introduit dans l'orifice et qu'il appuie contre ses parois, tandis que l'ouvrier fait tourner la pièce; il obtient de la sorte un cône tronqué semblable à une cloche à melons. Il apporte la pièce à l'ouvreau, et la chauffe fortement pour la ramollir.

La canne est alors placée horizontalement sur une barre de fer, et soumise à un mouvement de rotation très rapide. En vertu de la force centrifuge, la cloche s'étend et s'aplatit de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manière à donner une table de verre ronde et d'une épaisseur assez égale jusqu'à une certaine distance du centre.

Quand l'opération est terminée, l'ouvrier porte la feuille de verre, en ayant soin de tourner encore sur une aire plate, faite avec des cendres chaudes, et placée très près du fourneau de recuisson. Il y dépose la feuille horizontalement, et, au moyen d'un coup léger, il la détache de la canne ; un aide la reprend à l'aide d'une fourche, et la porte dans le four à recuire, où il la pose dans une situation verticale.

Les vitres ainsi préparées offrent au centre un noyau épais d'un effet désagréable. Si on les découpe pour éliminer les pontis, les vitres qu'on obtient ne peuvent jamais avoir de grandes dimensions, mais elles offrent un éclat parfait qu'on ne retrouve pas dans les vitres dues au procédé moderne, bien préférables d'ailleurs à tous les autres égards.

Voici quel est le nouveau procédé, d'un usage très général, maintenu en France.

Lorsque le verre est affiné et écrêmé, on échauffe les cannes au petit ouvreau ; l'aide prend la canne chauffée, la plonge dans le verre, en cueille une certaine quantité, la retire, la tourne afin que le liquide ne s'en sépare pas, puis reprend une plus grande quantité de matière, et passe ensuite la canne garnie de verre au souffleur. Celui-ci la pose par le bout sur une plaque en fonte, toujours en tournant ; il ramasse le verre près de l'extrémité, replonge la canne dans le creuset, et cueille encore de nouvelle matière. Il place la masse de verre rouge, en la tournant toujours, dans l'eau que contient une fossette creusée dans un bloc en bois. Pendant qu'il fait tourner le verre en sens divers dans ce creux, un aide verse de l'eau sur la partie du verre qui touche la canne, afin de refroidir la canne elle-même, et de rendre le verre adhérent à celle-ci.

La masse de verre refroidie est portée à l'ouvreau pour la réchauffer et ramollir l'extrémité. Lorsque l'ouvrier juge que le verre est assez mou, il le retire et recommence à le tourner dans l'eau, mais en le tournant de manière à former un sphéroïde de la grosseur convenable ; il prend alors la canne, et lui fait dé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

crire ; en allant, en venant, le mouvement d'un battant de cloche. En même temps il souffle dans la canne, en saisissant l'instant où elle se trouve à peu près verticale; le globe s'allonge ainsi, et prend la forme d'un cylindre, autant par le propre poids du verre que par l'action du soufflage. *Voyez* la planche 90, et les détails de la façon, indiqués page 200.

La pièce de verre ne doit jamais rester en repos pendant qu'elle est encore molle, sans quoi elle s'affaisserait et se déprimerait inégalement.

Bien entendu que le souffleur porte la pièce à l'ouvreau, pour la ramollir, trois et même quatre fois, avant qu'elle ait acquis l'étendue nécessaire; dès qu'elle y est arrivée, il pose la canne sur un crochet portatif qu'un aide soutient, et introduit le cylindre dans le four, et là, il chauffe l'extrémité fermée, tout en tenant le doigt appliqué à l'autre bout de la canne. Bientôt l'air contenu dans le manchon se dilate, et, comme il ne trouve aucune issue, l'effort qu'il fait sur l'extrémité ramollie suffit pour la crever. Dès que l'ouverture est faite, on tourne vivement la pièce de manière à ce que les bords s'écartent, et qu'ainsi l'ouverture s'agrandisse; le souffleur retire ce cylindre percé du fourneau, en tournant la canne avec vitesse, lui faisant faire le mouvement de battant de cloche, mais avec précaution. Par ce moyen, le trou déja fait s'agrandit encore, et le bout du cylindre prend une ouverture circulaire égale à son diamètre.

Le verre se solidifie promptement, et bientôt la pièce ne peut plus se gauchir; à mesure que le verre devient plus froid et ferme, l'ouvrier ralentit son travail, et dès qu'il est arrivé à une consistance qui le rend capable de se soutenir sans se déformer, il passe la pièce à un aide; celui-ci la pose sur un tréteau à deux appuis, prend une goutte d'eau avec un outil en fer, la pose sur le bout du cylindre près de la canne, et, par un coup de cet outil, appliqué sur le milieu de la canne, la pièce cassée se détache avec une cassure plus ou moins égale (1).

(1) Les cloches qui servent à recouvrir les pendules, etc., se font de la même manière, bien entendu qu'on ne perce point le bout du cylindre, et qu'on s'at-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On coupe alors le cylindre du côté qui tenait à la canne, afin d'obtenir un manchon de la grandeur convenable ; on procède ensuite à l'étendage.

On refend d'abord le cylindre dans toute sa longueur. Pour cela, on le pose sur un tréteau à deux appuis ; on trace avec une goutte d'eau une ligne droite dans le sens de la longueur du cylindre, et on passe un morceau de fer rougi sur la ligne tracée par l'eau, ce qui détermine sur-le-champ la fracture du cylindre dans toute sa longueur et très uniformément. On porte le cylindre fendu dans le four à étendre, en observant de l'introduire avec précaution à mesure qu'il s'échauffe ; et, quand on voit qu'il est prêt à plier sur lui-même, l'ouvrier étendeur le porte, vers le milieu du four, sur la plaque à étendre.

Cette plaque, connue sous le nom de *lagre*, n'est autre chose qu'une feuille ordinaire de verre. C'est la première feuille de la fournée, qu'on étale sur la sole de terre, et qu'on saupoudre d'un peu de verre d'antimoine. De temps en temps on jette de la chaux dans le foyer ; celle-ci se trouve entraînée par le courant d'air et s'attache en partie à la superficie du lagre. Ces deux précautions suffisent pour que la nouvelle feuille ne s'attache point à la première, et l'opération s'exécute avec facilité. Mais, au bout de douze ou vingt-quatre heures de travail, le lagre se dévitrifie, durcit et raye les vitres que l'on fait glisser sur sa surface, ce qui oblige à le remplacer.

Le cylindre, arrivé sur la plaque et suffisamment ramolli, l'étendeur affaisse, à droite et à gauche, les deux côtés qui cèdent facilement. Au moyen d'un rabot en bois, emmanché, qu'on fait glisser à la surface du verre avec vitesse, on donne alors au carreau des faces très planes, tant en dessus qu'en dessous. Le carreau de vitre ainsi terminé, on le pousse dans le four à recuire, où presque aussitôt il prend assez de consistance en

---

tache au contraire à le rendre très régulier et d'une épaisseur bien uniforme.

Les verres elliptiques se préparent comme les précédens ; mais ils se terminent en les comprimant entre deux planches, après les avoir chauffés à l'ouvreau au point convenable pour les ramollir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se refroidissant, pour se soutenir dans la position verticale qu'on lui donne, sans s'affaisser sous son propre poids.

C'est aussi par ce dernier procédé qu'on façonne le *verre en tables* à base de potasse, ou verre de Bohême; il y a toutefois cette différence que, dans le verre à vitres, le côté le plus long de la vitre se trouve suivant l'axe du manchon qui sert à le produire, tandis que, dans le verre en tables, le plus long côté de la table provient du développement du cylindre lui-même.

Verre de Bohême. — Crown-glass. — Silicate de potasse dans lequel il n'entre que de faibles proportions de chaux ou d'alumine. Cette sorte de verre est remarquable par sa légèreté et par l'absence complète de coloration, quand il est fabriqué avec des matières pures. Ces deux qualités lui assignent un rang distingué pour la fabrication de tous les objets de gobletterie. La dernière, surtout, le rend seul propre à la fabrication des instrumens d'optique, dans lesquels il est utile pour achromatiser le flint-glass. La beauté de ce verre est telle, d'ailleurs, que tous les anciens auteurs l'ont confondu avec le cristal dont il diffère tant par le poids spécifique.

Voici une composition de *verre de Bohême* :

100 sable silicieux, lavé à l'acide hydrochlorique.
60 carbonate de potasse purifié pour enlever le feu.
16 carbonate de chaux bien blanc.

La fonte et le travail de ce verre ne présentent rien de particulier. Elle se fait, comme nous venons de le dire pour le verre à vitres.

Le verre de Bohême est employé depuis long-temps pour les vitres de prix, dans les grands hôtels, pour garnir les portières de voitures, recouvrir les gravures, et en général, pour tous les usages qui rendent indispensable une épaisseur de plusieurs lignes, sans coloration. Le cristal et le verre de Bohême peuvent seuls supporter un travail en tables épaisses sans que leur couleur devienne sensible.

Le verre de Bohême se fabrique à pots ouverts; on ne peut donc pas le fondre au charbon. Quelque soin qu'on prit, la fu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mée de ce combustible le colorerait toujours sensiblement, et en détruirait la belle limpidité. La fonte s'en fait au bois.

Ce verre fut introduit dans le commerce par les verriers de Bohême, et c'est delà qu'il tire son nom.

Crown-glass. Ce nom, qui signifie en anglais, *verre en couronnes*, désigne l'espèce de verre qu'on façonnait en Angleterre, en vitres circulaires, par l'ancien procédé. On avait d'abord cru désigner par là, dans les ateliers d'instrumens d'optique, un verre commun quelconque, dont la réunion avec le cristal, ou flint-glass, procurait les objectifs achromatiques. Mais une étude attentive a montré que le crown-glass ne peut s'obtenir qu'avec une seule composition vitreuse, lorsqu'on veut lui donner toutes les qualités exigées par les besoins de l'optique.

Le crown-glass doit en effet offrir une limpidité parfaite, être assez peu coloré pour qu'une lentille très épaisse ne présente aucune trace sensible de coloration. Il doit être exempt de stries ou de bulles, et ne jamais offrir de nébulosités laiteuses. Enfin, il faut qu'il conserve toutes ces qualités, même quand on le travaille en masses fort épaisses.

Il n'est pas facile de réussir à coup sûr dans la fabrication du crown-glass en grandes masses. Il est évident d'ailleurs que, pour obtenir du crown incolore, on doit se servir de potasse et non de soude; et quand même la soude donnerait un verre sans coloration, elle devrait encore être rejetée, par suite de la facilité avec laquelle le verre à base de soude se dévitrifie; ce qui rendrait tout-à-fait laiteuses les masses épaisses qui exigent un long recuit, et pourrait les remplir de nodules cristallins et opaques.

Si l'on formait un verre simple, à base de potasse, on n'aurait pas de dévitrification à craindre; mais le verre serait soluble à l'eau bouillante, et par conséquent hygrométrique, inconvénient grave; car alors le verre des lunettes se ternit sans cesse par le dépôt d'une couche de vapeur aqueuse, puis, au bout de quelques années, il se trouve dépoli.

C'est donc un verre à base de potasse, sans oxide de plomb, qui doit constituer le crown-glass.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En évitant la qualité hygrométrique par une addition de chaux, on retombe dans l'inconvénient grave aussi d'une dévitrification facile. Le verre à base de potasse et de chaux, soumis au *recuit* ou refroidissement prolongé qu'exigent les blocs épais destinés à produire les grandes lentilles, peut prendre l'aspect laiteux qui indique un commencement de cristallisation dans la masse.

Ainsi, la fabrication du crown et celle du flint-glass, verres indispensables l'un et l'autre à la confection des objectifs achromatiques, présentent tous les deux les difficultés les plus sérieuses.

La consommation du crown-glass n'est pas considérable; mais, toutefois, elle n'est pas sans importance pour Paris, en raison de la fabrication des lunettes de spectacle, des lentilles grossissantes et des instrumens d'astronomie. Depuis long-temps le crown-glass que nous employons est tiré d'Angleterre et d'Allemagne, et, quoique nous ayons placé parmi les qualités nécessaires à cette sorte de verre l'absence totale de couleur, néanmoins ces deux pays ne nous fournissent que du crown-glass légèrement coloré. Le crown anglais est verdâtre, le crown allemand jaunâtre; mais, dans l'un et l'autre, la teinte est assez faible pour qu'elle n'en altère pas sensiblement les propriétés.

MM. Thibeaudeau et Bontemps ont entrepris, dans la belle verrerie de Choisy, des recherches suivies sur la fabrication du crown-glass. Nul doute qu'ils ne parviennent à l'obtenir régulièrement, comme ils sont déjà parvenus à obtenir le flint-glass.

Verre à gobletterie. Ce verre peut être à base de soude ou de potasse; mais il est bien évident que le dernier sera préférable. La gobletterie en verre de Bohême est certainement plus belle, plus légère, plus blanche et plus durable que celle qu'on fait en employant la soude.

Du reste, le verre à gobletterie diffère peu ou pas du verre à vitres par ses proportions.

Ainsi, pour tous les ustensiles de chimie, on refond simplement des rognures ou des cassons de verre à vitres. A la vérité,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cette refonte colore le verre, mais cette circonstance n'offre pas d'inconvéniens dans cette application.

Verre à bouteilles. Ce verre est formé, comme nous l'avons vu, des substances suivantes : silice, potasse ou soude, alumine, chaux, oxide de fer et de manganèse. Ces derniers oxides colorent le verre qui doit aussi une partie de sa couleur au charbon.

La couleur du verre à bouteilles ne nuit pas à son débit; on peut donc le fabriquer à creusets ouverts, et même se servir de houille comme combustible.

Préparation. On emploie peu de soude ou de potasse dans la *composition* du verre à bouteilles; et comme les carbonates de ces bases sont d'un prix plus élevé, l'on n'emploie ordinairement dans les verreries que des cendres neuves ou de la soude de varech pour fournir leur base alcaline. D'ailleurs les autres matières sont prises dans un état d'impureté qui ne peut convenir qu'à la fabrication du verre employé pour les bouteilles à vin.

Les matières premières de la fabrication de cette espèce de verre sont des sables jaunes et ferrugineux, des résidus provenant du lessivage, des soudes brutes du commerce, des cendres lessivées qu'on nomme *charrées*, des cendres neuves, des soudes de varech et de l'argile commune calcaire. Les sables colorés sont même péférables aux sables blancs, l'oxide de fer qui les colore augmentant la dose de fondant. Ils n'exigent ni lavage ni aucune autre préparation : on en élimine cependant les corps étrangers d'un volume notable, tels que les pyrites, les cailloux, etc. Pour cela, on les fait sécher et on les fait passer au travers d'une claie en osier.

L'argile convenable pour la composition du verre à bouteilles est jaunâtre, marneuse; c'est la terre à four qui contient de l'alumine, de la silice, du carbonate de chaux, des oxides de fer et de manganèse; elle est peu liante, se réduit facilement en poudre quand elle est sèche, ce qui rend les mélanges plus faciles.

Les résidus du lessivage des soudes, ainsi que les cendres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lessivées dites *charrées*, sont séchées, puis passées à la claie.

Les cendres neuves proviennent en général des foyers domestiques. On doit préférer celles qui résultent de la combustion du bois neuf ou du charbon de bois. On les tamise, et on les sèche avant de s'en servir.

La soude de varech est employée en poudre; on la passe même au travers d'un tamis en toile métallique très-serrée.

Voici le dosage ordinaire de ces matières :

Sable jaune.	100 parties
Soude de varech.	30 à 40
Charrées.	160 à 770
Cendres neuves.	30 à 40
Argile jaune.	80 à 100
Groisil (calcin ou verre cassé). .	100

La dose du groisil n'est pas déterminée; on l'augmente pour la première et la seconde fonte quand on se sert de creusets neufs. Si l'on emploie un sable trop argileux, il faut supprimer la marne et fournir la chaux au moyen d'une addition convenable de craie; on peut se servir de natron ou de soude brute pour remplacer la potasse et le sulfate de potasse que fournit la soude de varech; mais, dans ce cas même, on a soin de joindre au mélange une certaine quantité de cendres neuves, afin qu'il y ait de la potasse dans le verre; enfin, en employant la soude de varech à plus haute dose, et supprimant la charrée, la dissolution du sable est plutôt effectuée, les fontes plus rapides, mais le *fiel de verre* devient plus abondant.

Voici les proportions des substances à introduire dans ce dernier cas :

Sable jaune.	100 parties.
Soude brute de varech. . . .	200
Cendres neuves.	50
Groisil ou fragmens de bouteilles.	100

Il serait curieux de comparer la résistance des bouteilles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi préparées avec celles qu'on obtient par l'autre procédé. Du reste, ce dernier est assez généralement suivi maintenant; c'est celui qu'on emploie à Givors.

Ordinairement, le fourneau de fusion pour le verre à bouteilles ne contient que six creusets qui ont 92 à 96 centimètres de hauteur et le même diamètre; leur épaisseur dans le fond est de 10 à 12 centimètres. On remplit ces vases presque jusqu'aux bords, et dès que la matière est affaissée et convertie en verre, on remet de nouvelle composition dans les pots et on pousse le feu. Les fontes sont rapides, car la plupart des compositions de verre à bouteilles fournissent peu de fiel de verre; on n'a pas de temps à perdre pour l'affinage. La fonte dure sept à huit heures, et dès qu'elle est terminée, on ralentit le feu afin que le verre s'épaississe au point convenable pour le travail. A cet effet, on remplit le foyer d'escarbilles et de même charbon bien tassés; on intercepte les courans d'air autant qu'on le peut, et l'on évite de toucher au feu pendant le travail du verre, afin de ne pas ranimer la combustion. Cette préparation s'appelle *faire la braise*.

Façon. Voici comment on pratique le travail du verre à bouteilles qui est fort simple : l'aide cueille la masse de verre convenable et passe la canne au souffleur; celui-ci, en soufflant et tournant continuellement, ferme peu à peu la panse de la bouteille, qui se termine dans un moule. Pendant que la bouteille est dans le moule, l'ouvrier continue à souffler et à tourner; il relève ensuite la canne, et tenant la bouteille verticale et renversée, il enfonce le cul. On coupe alors le col, on fixe la canne au côté opposé dans l'enfoncement, on arrondit le bord du col, et on place le cordon qui doit le renforcer. On ajoute ensuite, s'il y a lieu, un pontis en verre sur lequel on imprime le cachet.

La canne est alors transmise à l'aide, qui la porte dans le four à recuire; celui-ci la détache de la canne au moyen d'un léger choc.

On emploie ordinairement le charbon de terre pour faire le verre à bouteilles, et on calcule en général sur une consommation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 100 hectolitres de charbon pour obtenir 3,500 bouteilles ordinaires. Les bouteilles ordinaires, à Givors, reviennent à environ 9 fr. le 100, et se livrent sur place à 10 fr.

Usages. Le verre à bouteilles sert à confectionner les bouteilles à vin et quelques grands appareils de chimie, tels que cornues, ballons, etc. Ces usages sont bien connus; nous insisterons davantage sur les vases destinés à supporter une haute pression. Il se fait en France une si grande quantité de vins mousseux, et la fabrication des eaux gazeuses prend une telle extension, qu'on pourrait, en se livrant à la fabrication de bouteilles perfectionnées nécessaires à ce genre d'industrie, s'assurer un succès important et de longue durée. En effet, ces vases éprouvent une compression soutenue à l'intérieur, qui cause la fracture des bouteilles trop faibles ou mal recuites, ce qui occasionne une perte toujours assez grande et souvent désastreuse. On pourrait la diminuer en essayant toutes les bouteilles sous une pression double de celle qu'elles doivent supporter. D'ailleurs, il serait indispensable d'étudier la forme des bouteilles et de s'arrêter à celle qui paraîtrait la plus avantageuse, et de rendre moins inégale leur épaisseur. En outre, il faudrait aussi soumettre à des essais convenables les verres de diverses compositions, et préparer ceux qui exigeraient l'effort le plus grand pour déterminer leur rupture. Enfin, il est très probable qu'il serait avantageux de donner au recuit des bouteilles des soins particuliers. Déja la première de ces conditions peut facilement se réaliser, M. Collardeau ayant construit une machine à essayer les bouteilles sous une pression qu'on varie à volonté entre les limites de 1 à 40 atmosphères. Il n'est pas douteux que l'introduction de ces machines dans le commerce n'obligeât bientôt tous les fabricans de verre à bouteilles à étudier soigneusement les données qui peuvent leur permettre d'obtenir à coup sûr des vases de résistance considérable, sans augmenter leur épaisseur d'une manière incommode, mais peut être en répartissant plus également la matière vitreuse.

D'après les expériences faites par la commission de la Société d'Encouragement, les bouteilles à vin de Champagne ne résis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tent qu'autant qu'elles peuvent supporter une pression de 12 atmosphères. Mais tandis que la casse dans les celliers s'élève de 20 à 30, et quelquefois jusqu'à 60 pour 100, les bouteilles neuves qui, soumises à la machine de M. Collardeau, résistent presque toutes à 12 atmosphères, ne subissent la casse que dans la proportion de 4 à 5 pour cent. Il résulte de là que le mode de remplissage et le recuit peuvent avoir une grande influence dont il faudrait trouver moyen de tenir compte. Ce qui prouve d'ailleurs la possibilité de résoudre le problème, c'est que beaucoup de bouteilles bien fabriquées, et cependant encore inégales d'épaisseur, ont résisté dans ces épreuves à des pressions comprises entre 22 et 32 atmosphères. Au reste, la prime d'encouragement est assez forte pour tenter les fabricans et les engager à faire les essais nécessaires pour résoudre cette question; il y aurait d'ailleurs, en outre, honneur et profit pour eux à réussir.

Verre filé. On peut allonger et filer le verre très rapidement, quand il a été ramolli, au moyen d'une roue sur laquelle le fil s'enroule.

Quand on étire un tube de verre creux, le trou se conserve, quelle que soit la finesse du fil. M. Deuchar a pris un morceau de tube de thermomètre, dont le diamètre intérieur était très petit, et l'a tiré en fils; la roue dont il s'est servi avait trois pieds de circonférence, et comme elle faisait 500 tours par minute, on obtenait 30,000 mètres de fil par heure, ensorte que le fil était d'une finesse extrême, et que son diamètre intérieur était à peine calculable. Ce fil était creux; car étant coupé par morceaux d'un pouce et demi de longueur, et placé sur le récipient d'une machine pneumatique, un bout en dedans, l'autre au dehors, il laissa passer le mercure en petits filets brillans lorsqu'on fit le vide.

Le fil provenant d'un petit morceau de verre à vitres, coupé avec un diamant, présente un éclat très grand; vu au microscope, il offrait une forme aplatie et quatre angles droits très distincts. Il est très probable qu'il doit à cette forme particu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lière la supériorité de son éclat; car les fils provenant de morceaux de verre ronds ont toujours une apparence sombre.

En réunissant du verre de diverses couleurs en un seul tube, le fil qui en provient conserve toutes les couleurs primitives, sans qu'elles se mélangent et sans qu'on y remarque d'interruption; mais la plupart se ternissent par l'opération, particulièrement le jaune, qui disparaît; le noir devient quelquefois brun; le pourpre et le vert sont un peu altérés, mais le bleu résiste bien.

Les échantillons de verre filé sont presque aussi souples que de la soie, et peuvent aisément être roulés à la manière du fil commun, et employés en ornement. Au toucher, ils ressemblent aux cheveux, et, comme eux, peuvent être bouclés, et d'une manière permanente, en les roulant sur un fer chaud. Les fils provenant du verre noir ont une si grande ressemblance avec les cheveux noirs, qu'on les peut confondre. Dans le dernier siècle on a fabriqué des perruques en fil de verre; on s'en sert quelquefois encore pour faire des aigrettes fort brillantes; enfin, on en a même tissé des toiles. La mode pourra quelque jour ressusciter ce genre d'industrie. On prétend que l'usage de ces objets de vêtement en verre offre quelque danger, des filamens détachés pouvant être entraînés par la respiration et portés dans les poumons; cela ne paraît pas probable.

Verre soluble. Simple silicate de potasse ou de soude qui réunit une parfaite solubilité dans l'eau bouillante; a quelques unes des propriétés générales du verre ordinaire.

La découverte du verre soluble et de ses usages, ainsi que les détails que nous allons rappeler, sont dus à M. Fuchs. Ce verre, dissous dans l'eau, donne un liquide applicable aux toiles et aux bois pour les rendre incombustibles.

Préparation. Quand on chauffe ensemble du sable et du carbonate de potasse, l'acide carbonique n'est jamais entièrement chassé, à moins que le sable ne soit en proportion dominante. Mais on peut expulser tout l'acide carbonique, en ajoutant au mélange de quartz et de carbonate de potasse, de la soude de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charbon en proportions convenables, et telles que l'acide carbonique, du carbonate non décomposé, trouve la dose de charbon nécessaire à sa transformation en oxide de carbone. De cette manière, la silice forme d'abord un silicate en proportions convenables, et chasse l'acide carbonique; puis, au moyen d'un bon coup de feu, le reste du carbonate de potasse est décomposé par le charbon; l'oxide de carbone se dégage, et la potasse, devenue libre, se volatilise ou se combine avec le verre déja formé.

Pour obtenir toujours le verre soluble de première qualité, on prend plusieurs précautions. La potasse doit être purifiée; si elle renferme beaucoup de chlorure de potassium, on n'obtient pas un produit entièrement soluble dans l'eau, et il reste un résidu gluant. En outre, le verre obtenu est efflorescent; le sulfate de potasse ne produit point de mauvais effet, parce qu'il est décomposé par le charbon quand la fonte est suffisamment prolongée. Cette dernière condition est utile pour éviter que le verre ne renferme du sulfure de potassium qui le dispose à l'efflorescence.

Le quartz doit être pur ou du moins ne pas contenir une quantité notable de chaux ou d'alumine, parce que ces terres rendent une partie du verre insoluble; une faible proportion d'oxide de fer est sans influence.

On mêle la potasse et le quartz dans les rapports de 2 à 3, et sur 10 parties de potasse et 15 de quartz, on prend 4 parties de charbon. Il ne faut pas employer moins de charbon ni le supprimer; au contraire, quand la potasse n'est pas suffisamment pure, il est avantageux d'employer une plus grande quantité de charbon. Ce corps accélère beaucoup la fonte et éloigne tout l'acide carbonique, dont, sans lui, le verre conserve toujours une petite partie qui exerce une influence fâcheuse.

Du reste, on observe les mêmes précautions que pour la préparation du verre commun. Les matières doivent être d'abord bien mélangées, frittées, et ensuite fondues à un feu violent dans un creuset réfractaire, jusqu'à ce que la masse soit liquide et homogène. On enlève la matière avec une cueiller de fer, et on remplit aussitôt le creuset.

On prend 30 livres de potasse, 45 livres de sable et 3 livres de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charbon en poudre pour une fonte, et le mélange doit être chauffé pendant 5 à 6 heures.

Le verre brut ainsi obtenu est ordinairement rempli de bulles, aussi dur que le verre commun, d'un noir grisâtre et plus ou moins transparent sur les bords ; quelquefois il offre une nuance blanchâtre, d'autres fois elle est jaunâtre ou rougeâtre, ce qui est un indice d'une trop faible dose de charbon. Si on l'expose plusieurs semaines à l'air, il éprouve de légères variations qui, pour son application toute spéciale, sont plutôt avantageuses que nuisibles. Il attire un peu l'humidité de l'air, qui le pénètre peu à peu, sans que son agrégation et son apparence soient changées. Seulement, il se fendille, une légère efflorescence se produit à sa superficie. Si, après qu'il a éprouvé ce changement on le met au feu, il se gonfle par suite du dégagement de l'eau qu'il avait absorbée.

On le pulvérise pour hâter sa dissolution. Sur une partie de verre en poudre on ajoute à peu près 4 à 5 parties d'eau.

L'eau est d'abord portée à l'ébullition dans une chaudière ; on y projette ensuite peu à peu le verre ; il faut le remuer constamment de peur qu'il ne s'attache au fond. L'ébullition doit être continuée pendant trois ou quatre heures, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien, et la liqueur a pris alors le degré de concentration convenable. Si, pendant que la dissolution est encore liquide, on arrête l'ébullition, on donne accès à l'air, et la potasse en attire l'acide carbonique, ce qui produit un effet très nuisible. Par la même raison, il ne faut point prendre une trop grande quantité d'eau pour la dissolution ; car, pendant la longue concentration qui deviendrait nécessaire, l'acide carbonique de l'air se combinerait facilement à la potasse, ce qui produirait du sous-carbonate de potasse et un précipité de silice. Quand la liqueur devient trop épaisse, avant que tout ne soit dissous, il faut ajouter de l'eau chaude.

La dissolution est assez concentrée lorsqu'elle atteint une consistance sirupeuse et une densité de 1,240. On la laisse reposer pour que les parties non dissoutes puissent se déposer. Pendant le refroidissement, il se forme sur la liqueur une pelli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cule coriace, qui plus tard disparaît d'elle-même ou se dissout quand on la plonge dans la liqueur. Cette pellicule se montre déja pendant l'ébullition, à mesure que la liqueur approche de la concentration; elle sert même à l'indiquer.

Quand le verre brut est composé convenablement, qu'il ne contient pas beaucoup de sels étrangers, pas de sulfure de potassium, on peut le traiter comme on vient de l'exposer. Mais s'il renferme notablement de ces substances étrangères, il faut avant de le dissoudre les séparer; on y parvient par la méthode suivante : le verre bocardé est exposé à l'action de l'air pendant trois à quatre semaines, et souvent remué s'il s'agglomère trop, ce qui arrive quand l'air est humide; il faut détruire les masses qui se forment. Le verre attire l'humidité de l'air, comme nous l'avons déja dit, et les substances étrangères se séparent ou s'effleurissent. Alors il est facile d'en isoler le verre; on l'arrose avec de l'eau froide, et on le remue souvent. Après trois heures, on enlève la liqueur qui contient tous les sels étrangers et très peu de silicate de potasse, et on lave la poudre avec de l'eau neuve. Le verre, traité ainsi, se dissout facilement dans l'eau bouillante, et donne une solution suffisamment pure.

Le verre soluble n'étant employé qu'à l'état liquide, on le garde dans cet état; il n'éprouve pas de changemens remarquables, même après un long espace de temps, quand la dissolution a été convenablement concentrée; cependant il ne faudrait pas laisser à l'air un trop facile accès.

On obtient un semblable produit en remplaçant la potasse par la soude; il faut alors à peu près deux parties de sous-carbonate de soude cristallisé pour une partie de quartz. Ce verre se comporte de la même manière que celui à base de potasse, mais il est préférable à l'emploi. Les dissolutions de ces deux espèces de verre peuvent être mêlées dans toutes les proportions, et ce mélange rend de meilleurs services, dans quelques cas, que chacun d'eux pris séparément.

Propriétés. Le verre soluble donne une dissolution visqueuse qui, concentrée, est un peu trouble ou opaline. Il y a une réaction et un goût alcalin. La solution se mêle avec l'eau dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les proportions. Quand la densité de cette solution est de 1,25, elle contient près de 28 pour 100 de verre ; quand on la concentre davantage, elle devient très visqueuse, et peut se tirer en fils comme le verre fondu. A la fin, la liqueur se prend en une masse vitreuse cassante, et dont la cassure est conchoïde; elle ressemble beaucoup au verre ordinaire, mais n'a point autant de dureté. Quand la solution a été appliquée sur d'autres corps, elle sèche rapidement à la température de l'air, et forme un enduit analogue au vernis.

Desséché, le verre soluble n'éprouve pas de changemens remarquables à l'air ; il n'en attire ni l'eau ni l'acide carbonique.

Ce verre se dissout peu à peu, sans résidu, dans l'eau bouillante; mais, dans l'eau froide, la dissolution se fait si lentement, que l'on pourrait croire qu'elle n'a paslieu.

L'alcool le précipite, sans l'altérer, de sa solution aqueuse; quand la solution est très concentrée, il faut peu d'alcool pour opérer la précipitation, et il n'a pas besoin d'être très rectifié. On peut donc se servir, pour produire du verre soluble pur, d'une solution de verre impur; on la traite par l'alcool, on laisse déposer le précipité gélatineux, on soutire le liquide surnageant, on rassemble le dépôt, on le pétrit rapidement après avoir ajouté un peu d'eau froide, et on le presse. A la vérité, on éprouve quelques pertes, parce que l'eau froide dissout rapidement le verre précipité, à cause de sa grande division.

Les acides décomposent la solution aqueuse du verre; ils agissent ainsi sur le verre solide soluble, et en séparent la silice à l'état pulvérulent.

Composition. D'après M. Fuchs, le verre soluble contient, quand il a été exposé à l'air :

Silice.	62	100
Potasse.	26	
Eau.	12	

Ce qui donne pour le verre lui-même supposé sec :

Silice.	70	100
Potasse.	30	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Usages. Les propriétés du verre soluble en rendent les applications nombreuses et variées; on s'en est servi au théâtre de Munich comme moyen préservatif contre l'incendie.

Toutes les matières végétales, les bois, les étoffes de coton, de chanvre, le papier, etc., sont, comme on sait, combustibles; mais, pour brûler, ces matières exigent le concours de deux conditions : une température élevée et le contact de l'air, qui fournit l'oxigène nécessaire à leur transformation en eau et acide carbonique. Une fois enflammées, leur combustion développe la chaleur nécessaire pour que le phénomène continue, pourvu qu'elles aient le contact de l'air ; privées de ce contact, et chauffées au rouge, elles fourniraient des produits volatils inflammables, il est vrai; mais le charbon qu'elles laissent pour résidu ne brûlerait point, puisqu'il serait privé d'air, et dès lors la combustion s'arrêterait d'elle-même.

Pour enduire le bois et d'autres corps, il faut employer une solution de verre soluble pur, parce que, sans cela, l'enduit serait efflorescent et se détacherait après un certain temps. Cependant une faible impureté n'a pas d'effet bien sensible, quoique après quelques jours l'enduit se recouvre d'une efflorescence pulvérulente qui ne reparaît plus quand on l'a enlevée avec de l'eau.

Quand on veut donner au bois un enduit durable, il ne faut pas au commencement employer une dissolution trop concentrée, parce que, dans cet état, elle ne le pénètre pas, n'en fait pas sortir l'air, et ne s'y attache pas solidement. Il est bon de repasser souvent le pinceau sur la même place, et de ne pas étendre trop légèrement l'enduit. Pour les cinq ou six dernières couches, il faut employer une solution plus concentrée, sans être trop épaisse, et, autant que possible, l'étendre également. Il faut que chaque couche soit bien sèche avant d'appliquer la couche suivante; dans un air sec et chaud, il faut à peu près vingt-quatre heures. Après deux heures, l'enduit paraît sec; mais il est dans un état tel, qu'il pourrait être ramolli par une nouvelle couche.

Quoique le verre soluble seul soit déjà très utile comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyen préservatif du feu, il remplit encore mieux ce but quand il est mêlé d'un autre corps incombustible en poudre.

Dans ce mélange, le verre sert principalement comme corps liant; l'enduit reçoit plus de corps, il devient plus solide et plus durable, et se coagule, par l'action du feu, en une croûte très adhérente quand le corps ajouté a été convenablement choisi. L'argile, la craie, les os calcinés, la poudre de verre, etc., peuvent être employés pour cet objet.

Le verre de plomb, le verre soluble brut, sont d'excellentes matières additionnelles. Ce dernier doit être pulvérisé et exposé à l'air, afin qu'il s'humecte : si on le mêle à la solution de verre, et qu'on l'applique ensuite sur un corps quelconque, il donne en peu de temps une enveloppe ayant la dureté de la pierre, laquelle, si le verre est de bonne qualité, est invariable, et résiste bien au feu.

Quand on veut employer ce moyen pour préserver du feu une maison, ou une salle de spectacle, il ne suffit pas de couvrir les parties boisées, il est très nécessaire de préserver les toiles qui sont les objets les plus dangereux pour propager l'incendie. Aucun des moyens proposés jusqu'ici ne paraît aussi avantageux que le verre soluble, car il n'agit point sur la fibre végétale, et remplit l'espace qui sépare les fils; il se fixe dans le tissu de manière à ne pas s'en séparer, et augmente la durée des toiles. La raideur qu'il donne à la toile ne nuit pas à l'usage des rideaux, parce qu'elle se laisse facilement rouler; et relativement à la peinture qu'on applique sur les toiles, le verre forme un fond solide. Mais pour empêcher les altérations que certaines couleurs pourraient éprouver par la réaction de l'alcali, comme le bleu de Prusse, les laques, etc., il faut avant de peindre passer une couche d'alun, et ensuite une couche de craie.

Quand on a ajouté de la litharge à la solution, à la dessination, la toile obéit au retrait de la matière, et ne peut plus s'en séparer ensuite, comme cela arrive quand le même mélange est employé pour recouvrir le bois. Une partie de litharge finement broyée est suffisante pour quatorze parties de liqueur concentrée.

Le verre soluble peut trouver beaucoup d'autres applications,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principalement comme corps collant; il est, sous ce rapport, supérieur à ceux qu'on a employés jusqu'ici pour réunir des fragmens de verre et de porcelaine.

Voyez, comme complément de cet article, les mots CRISTAL, GLACES, etc. P.

VERRE DE MONTRE, DE PENDULE. On souffle une boule en verre, et, après lui avoir donné un diamètre suffisant, on en détache, avec le diamant, des segmens qu'on arrondit circulairement, soit au tour, soit avec un compas. On rogne ensuite avec une pince tout ce qui dépasse le trait circulaire fait au diamant, et on travaille sur la meule de grès les bords en biseau régulier, qui puisse entrer dans la gorge destinée à recevoir le verre. C'est ainsi que sont fabriqués tous les verres communs. Les horlogers en ont de toutes les grandeurs, parmi lesquels ils choisissent ceux qui conviennent aux gorges des montres qu'ils veulent recouvrir.

Mais les verres des montres de luxe sont faits avec plus de soin; le goût du public pour les montres plates ne permet pas d'y employer des verres de l'espèce dont on vient de parler, parce qu'ils seraient trop bombés. On se sert alors de *verres chevés*, ainsi qu'on désigne ceux dont nous allons parler.

Après avoir taillé les verres comme on vient de le dire, et en se servant de cristal très limpide, on les pose sur des mandrins en fonte; ces mandrins sont de courts cylindres qui ont leur base supérieure façonnée en portion de globe très aplati; on met le tout dans un four à réverbère, où le feu est soutenu à un degré convenable pour que le verre amolli s'applique exactement sur le mandrin. On l'éloigne peu à peu du feu, et, lorsque le tout est lentement refroidi, on enlève le verre. Il faut ensuite polir avec le rouge d'Angleterre, comme pour les verres d'optique, puis en amincir et réparer les bords sur la meule.

Le travail des verres chevés en élève beaucoup le prix, qui montait jusqu'à 10, 12 francs et plus; mais la fabrication s'en est récemment améliorée, et ce prix a considérablement diminué. Ces verres ne coûtent plus que 1 ou 2 francs pièce, et même moins encore.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VERRES OPTIQUES (*Arts de calcul*). Nous avons exposé aux articles LENTILLE, LOUPE, LUNETTE, MICROSCOPE, les effets des verres à surfaces convexes ou concaves, pour aider les vues faibles, grossir et rapprocher les objets, et enfin l'art d'achromatiser ces verres, c'est-à-dire d'empêcher que les images ne soient troublées par l'irisation que produit la diffraction de la lumière. Il nous reste à expliquer comment on réussit à donner aux lentilles les formes et les propriétés désirables.

Le verre doit être choisi pur, net, bien homogène, sans coloration, à moins que l'usage qu'on en veut faire n'exige qu'il ait une couleur particulière qu'on lui donne alors spécialement (*V.* VERRE) et surtout sans *filets* : on donne ce nom à des lignes ou ondes qu'on remarque souvent dans la substance, principalement lorsqu'elle est une combinaison chimique de matières mal mélangées. Les verres dits de *flint-glass*, où l'oxide de plomb entre comme partie essentielle, sont rarement exempts de filets, qui déforment à tel point les images, qu'il est absolument impossible de s'en servir.

Comme on ne peut reconnaître si le verre a les qualités requises lorsqu'il est brut, on le polit grossièrement des deux côtés, et on l'examine avec soin. Si après cet examen une partie est jugée bonne, on rejette celle qui ne l'est pas, et on ne travaille que l'autre, en réservant les pièces de belles dimensions pour les plus grandes lunettes. C'est une des plus fortes difficultés de l'art que d'obtenir de bon flint-glass, et il est souvent arrivé qu'après un travail coûteux, on était obligé de rejeter les verres, faute d'avoir pu reconnaître d'avance leurs défauts. Aussi les objectifs achromatiques sont-ils la pièce la plus dispendieuse des lunettes, lorsqu'ils sont bien choisis et bien travaillés.

L'examen du verre poli se fait en recevant, à travers, les rayons solaires sur le papier blanc, ce qui en montre les filets et inégalités de densité. On regarde ensuite quelque objet au travers, comme une pointe de clocher, haussant et baissant le verre devant l'œil, pour voir si cet objet ne paraît pas ondoyant ou coloré : on estime assez bons les verres qui tirent au bleu ou au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vert. La vue du papier blanc est une excellente épreuve. Il faut que le verre ait partout même épaisseur quand on fait cet examen.

On coupe ensuite le verre, avec le diamant, en cercles de dimensions convenables, et rejetant les parties qui ont des défauts, comme points, soufflures, etc., surtout au centre du disque. Cette taille se fait en mettant un peu de mastic sur le verre pour recevoir la pointe d'un compas dont l'autre branche porte un diamant avec lequel on trace une circonférence ; ou bien on taille une plaque de fer-blanc en disque d'un diamètre convenable, et on s'en sert pour guider le diamant sur ses bords. On donne communément aux oculaires de 8 à 18 lignes : les objectifs doivent être les plus grands possible, car leur prix s'élève considérablement quand leur diamètre s'accroît. On rogne ensuite le verre au *grugeoir*, bien rondement, sur le trait dediamant, car cette forme est une condition de succès. On taille aussi des verres ovales pour les bésicles.

On monte la pièce sur la *mollette*, qu'on chauffe pour y attacher le mastic, composé de résine et de cendres; on dresse la plate-forme en dessus, et on remplit le canal tout à l'entour avec de ce mastic fondu, qu'on laissera à demi refroidir pour y en ajouter de mou, autant qu'il est nécessaire pour dépasser la superficie de la plate-forme. On chauffe le mastic et le morceau de verre pour appliquer et coller l'un par l'autre. Les opticiens, qui fabriquent beaucoup de petits verres pour les bésicles, en collent même ainsi 6 à 10 sur la même mollette, et, pour que ces verres y soient placés convenablement pour le travail, ils les posent l'un à côté de l'autre sur la *forme* dont nous allons parler, et mettent ensuite la mollette par dessus en l'appuyant.

La *forme* est un petit vase en cuivre creux ou bombé sphériquement, du diamètre de la sphère, dont la surface du verre doit faire partie, selon qu'on demande un verre convexe ou concave. La forme est montée sur une petite machine appelée *tour*: c'est une table sur laquelle il y a une manivelle, et en dessous, des rouages qui donnent un rapide mouvement de rotation à un pivot vertical saillant sur lequel on monte la forme;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'ouvrier tourne la manivelle, et la forme pirouette sur cet axe.

On commence par *dégrossir* les verres en appuyant la mollette sur la forme avec la main droite, et faisant pirouetter de temps à autre la mollette ; la forme est enduite de grès mouillé. On lave ensuite les verres et on emploie du grès plus fin, puis de l'émeri de grain décroissant, jusqu'à ce qu'enfin on ait attaqué toute la surface et qu'on lui ait donné la forme sphérique. Pendant ces diverses opérations, la mollette est tenue fermement et appuyée sur le bassin, et il y a un tour de main particulier que l'exercice enseigne à exécuter, pour que le verre soit *douci*, ainsi que l'on a coutume de le dire, pour désigner cet état de la surface qui est terne, mais sans sillons apparens.

On retourne ensuite les verres, et on pratique la même opération sur la surface opposée ; puis on les décolle.

On nettoie le verre et on en examine les surfaces pour s'assurer qu'il ne s'y rencontre aucun sillon, car il faudrait effacer ces défauts en continuant d'user le verre. Le grès, le tripoli sont mouillés, et le verre, ainsi travaillé, doit être à demi-poli en sortant de dessus la forme. Comme les formes sont des bassins en cuivre à surface sphérique, concave ou convexe, de rayons différens, on obtient ainsi des lentilles convexes ou concaves, de foyers déterminés, en opérant successivement et de la même manière sur les deux faces du verre.

Ce n'est pas à l'œil nu qu'on examine la lentille pour s'assurer qu'elle est bien *doucie* ; un verre grossissant est nécessaire pour mettre en évidence les imperfections qui rendraient les objets troubles, voilés ou indistincts. On lavera le verre pour lui donner enfin le *poli*.

Cette opération du *poli* ne se fait plus au tour, mais à la main, en n'employant que de la terre ou pierre pourrie, du rouge d'Angleterre ou de la potée d'étain mouillée, appliquée sur la forme avec un pinceau. Cette forme est tenue solidement debout sur une table, et l'ouvrier promène la mollette en l'y appuyant fortement et la faisant tourner sur son axe. Les plus petites aspérités du verre disparaissent peu à peu, et la surface

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devient brillante, et réfléchit vivement la lumière. Les lentilles sont alors terminées ; seulement on en use le contour sur une meule de grès, pour les ajuster aux montures et aux gorges préparées pour les recevoir, en évitant que les grains de grès ne rayent la surface.

Quoique nous ayons désigné par le mot de *lentilles* toutes les espèces de verre ainsi travaillées, cependant ce nom ne se donne qu'aux verres convexes ; mais la fabrication de tous les verres optiques étant la même, ce terme générique nous a paru nécessaire à employer dans nos descriptions.

Il y a des verres bi-convexes, bi-concaves, plans-convexes, plans-concaves, et *ménisques* (c'est-à-dire convexes d'un côté et concaves de l'autre) ; on en fait aussi en cristal de roche et autres substances transparentes, mais la fabrication de tous ces verres est la même.

M. Chamblant, ayant remarqué que les bésicles ne transmettent une image fidèle des objets, quand leurs verres sont sphériques, qu'autant que les rayons de lumière passent au centre, ce qui exige une fatigue des muscles moteurs des yeux pour satisfaire à cette condition ; qu'en outre, les bassins, en se déformant par l'usage, ne produisent que des surfaces imparfaitement sphériques, ou du moins que les centres des deux sphères ne sont pas exactement dans l'axe du verre, ce qui rend encore le travail de l'œil plus pénible, a imaginé de faire des verres cylindriques. Le grossissement est le même sur toute la longueur d'un cylindre. Ainsi, les objets qu'on regarde à travers ne sont plus assujettis à être vus dans une direction particulière. M. Chamblant a reconnu que des verres cylindriques offrent autant de centres qu'il y a de points dans l'axe du cylindre, et il corrige l'anamorphose qui en résulte par une autre portion de cylindre qui croise l'axe du premier à angle droit. Ainsi, ses verres sont travaillés cylindriquement sur leurs deux faces, et les génératrices de l'un des cylindres sont perpendiculaires à celles de l'autre ; de sorte que les axes sont, horizontal pour celui qui est du côté de l'œil, et vertical pour celui qui est tourné vers les objets. On travaille ces verres sur des formes cylindri-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ques, ce qui présente de grandes difficultés, et rend ces produits assez coûteux. C'est probablement la raison qui fait que cette invention a eu peu de succès, quoiqu'elle fût digne d'être mieux appréciée. FR.

VERS A SOIE (*Économie rurale*). C'est en Chine que ces précieux insectes ont été d'abord un objet d'industrie, 2700 ans avant notre ère. De cette contrée, l'art de les élever a passé dans les Indes et en Perse. Ce n'est qu'au commencement du sixième siècle que deux religieux apportèrent à Constantinople des œufs de vers à soie, et publièrent des notions sur l'éducation des chenilles. Cette importation acquit bientôt de l'importance sous l'empereur Justinien, et fut l'origine de nouvelles richesses. De la Grèce et du Péloponèse, cette industrie se répandit en Sicile et en Italie. Ce n'est qu'après le règne de Charles VIII que des gentilshommes qui avaient coopéré à la conquête du royaume de Naples, rapportèrent en Dauphiné le mûrier blanc et la précieuse chenille qui se nourrit des feuilles de cet arbre. Les succès furent lents à se réaliser, et, en 1564, Traucat, simple jardinier de Nîmes, jeta les premiers fondemens d'une pépinière de mûriers blancs qui, en peu d'années, couvrirent nos provinces méridionales; car l'éducation des vers à soie ne peut prospérer que par le secours d'une autre industrie qui en est indépendante, la culture du mûrier, et qui cependant ne peut s'établir que dans les lieux où cet arbre peut être utile, c'est-à-dire ceux où l'on élève des vers.

Pour ne pas donner à cet article une étendue trop considérable, car le sujet est riche en détails, nous nous bornerons à exposer les points principaux, renvoyant, pour le reste, aux articles de notre Dictionnaire qui s'y lient, et aux ouvrages de Sauvages, Rozier, Dandolo, Nysten, et au Dictionnaire d'Agriculture.

Comme tous les insectes, celui dont nous nous occupons offre quatre métamorphoses : il est d'abord sous l'état d'*œuf*; les chaleurs printanières le font éclore sous la forme d'une *chenille* qui grossit peu à peu, et change trois ou quatre fois de peau, selon les variétés. Cette chenille, au bout de 25 à 30 jours,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parvenue à sa grosseur, cesse de manger jusqu'à la fin de sa vie, et se vide de ses excrémens ; elle se file un cocon dans lequel elle s'enferme, et se met à l'abri de ses ennemis et des impressions extérieures, pour se convertir en une *chrysalide* ou *nymphe*; sorte de mort apparente, pendant laquelle l'insecte est comme emmaillotté pendant 15 à 20 jours, et privé de locomotion. Enfin il brise ses enveloppes, et apparaît au dehors, armé de quatre ailes, d'antennes et de pattes ; le mâle recherche sa femelle, s'accouple avec elle, et, véritable *papillon*, appelé *bombyx mori*, la mort termine bientôt sa courte existence, (moins de deux mois). Nous nous abstiendrons de décrire la forme des parties de cet animal ; ce sujet est plutôt du ressort des traités d'histoire naturelle. Dans un livre consacré à l'industrie, nous devons nous borner aux détails d'éducation et d'économie rurale.

Les œufs ou *graines* de vers à soie sont revêtus d'une liqueur, qui les colle à l'étoffe ou au papier sur lesquels la mère les a déposés. On peut les décoller en les plongeant dans l'eau fraîche, et ensuite on les laisse sécher. Il faut les conserver dans un lieu sec, dont la température soit de 10 à 12 degrés. Lorsque les chaleurs commencent à se faire sentir, en avril, il est bon de ne pas y exposer les œufs, qui écloraient avant que les premières pousses du mûrier aient pu fournir la nourriture aux jeunes vers. On retarde donc ce moment, d'autant plus qu'il est convenable de faire éclore à peu près tous les œufs ensemble, ou du moins par couvées proportionnées à l'importance de l'exploitation. On réunit les œufs en nouets aplatis, d'une once (31 grammes) ou un peu plus, que des femmes suspendent à leur ceinture, et placent sous le chevet de leur lit ; on visite ces nouets de temps à autre, ou bien on les tient à l'étuve dont on élève peu à peu la chaleur jusqu'à 24 degrés, et qu'on maintient à ce terme. Le travail de la nature dure 8 à 10 jours, et le ver éclot.

Alors on étend sur la graine une feuille de papier criblée de trous qui ont 2^{mm} (1 ligne) de largeur, à travers lesquels les jeunes vers passent pour trouver les feuilles de mûrier qu'on y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a placées. On porte avec soin ces feuilles chargées de vers sur un clayon garni au fond de papier gris. Cette levée se renouvelle deux fois le jour, et il faut que toute la graine soit éclose après deux ou trois fois 24 heures.

L'atelier où l'on élève les vers est appelé *magnanière*, édifice aéré, à l'abri de l'humidité, du froid et de trop de chaleur, des rats et autres animaux nuisibles. Pour 20 onces de graines (6 hectogr.), la salle doit avoir 10 mètres sur 25 (30 pieds sur 76), ayant des cheminées pour chauffer et ventiler. Des châssis vitrés ferment les fenêtres. La température ne doit pas descendre plus bas que 15 degrés : on peut l'élever jusqu'au 26e et plus encore ; mais 16 à 24 degrés est la température ordinaire. Il faut qu'un courant d'air purge l'atmosphère des émanations fétides des chenilles, de leurs excrémens et de la détérioration que les feuilles éprouvent. La lumière ne leur est nullement défavorable, ainsi que l'ont pensé plusieurs personnes, et doit même être considérée comme avantageuse sous divers rapports.

L'échafaudage des tablettes sur lesquelles on nourrit les vers à soie, se compose d'autant de paires de montans, liés par des traverses, que l'espace le comporte ; on les écarte de 2 en 2 mètres (6 pieds). On fixe ces montans dans le carrelage et au plafond, et on y attache les traverses, sur lesquelles on pose des planches ou des nattes de roseaux. Le premier étage est à 18 pouces (5 décimètres) au dessus du sol ; 15 pouces (4 décimètres) d'espace suffisent entre les autres étages ; on atteint aux supérieurs avec des marchepieds. Il faut aussi une infirmerie, où l'on transporte les vers malades.

Quelques clayons suffisent quand les vers sont jeunes ; à mesure qu'ils grandissent, on leur donne plus d'espace et plus de nourriture, en les empêchant de trop s'amasser ensemble. L'abondance des feuilles est proportionnée à l'âge, et on doit en donner davantage, lorsqu'on remarque que les vers ne laissent presque que les côtes. Il faut couper et même hacher les feuilles dans le premier âge ; la litière est alors si peu épaisse qu'on la laisse sous les vers ; on la sépare ensuite avec délica-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tesse, pour leur donner plus d'espace sur les nouveaux clayons, sans cependant les laisser trop écartés. Avant chaque mue, l'appétit des vers est plus vif, puis il s'arrête tout à coup ; les vers tombent en langueur, mais ils se ranimènt après avoir quitté leur peau.

On supprime peu à peu les feuilles de papier du fond des clayons, pour laisser passer l'air par les interstices des éclisses. Les vers sont devenus assez forts pour qu'ils ne puissent y tomber. Après la seconde mue, ils sont longs de 6 lignes; on les transporte alors dans le grand atelier; on les débarrasse de la litière qu'ils quittent pour se jeter sur les feuilles fraîches. On donne quatre fois des feuilles par jour, de 6 en 6 heures ; on coupe ces feuilles en plus grands morceaux que précédemment.

Pour *déliter*, on étend un réseau ou filet sur les tables ; on le couvre de feuilles ; les vers y montent; on enlève ensuite le filet, on ôte la litière, et les vers malades ou paresseux ; enfin, on rabaisse le filet sur les tablettes ; ou bien, une demi-heure après que la feuille est servie, on enlève ces feuilles avec les vers qui y sont montés, et on les place sur la tablette voisine, qui a d'abord été vidée et nettoyée, et ainsi de proche en proche. Il faut sortir la litière de l'atelier, et tenir les lieux propres et secs. Après la troisième mue, on sert les feuilles entières. Les vers ont alors une extrême voracité, et il faut satisfaire leur appétit avec abondance. Après la quatrième mue, cette observation est encore plus vraie et plus urgente. Alors il ne faut pas élever la chaleur au dessus de 16 à 17 degrés.

Dans toutes les phases de leur existence, les vers sont sujets à diverses maladies, nommées le *rouge*, le *brûlé*, le *gras*, les *harpions*, la *clairette ou luzette*, la *muscardine*, la *jaunisse*. Ce ne peut être le lieu de donner ici les recettes des magnaniers contre ces affections souvent épidémiques; il faudra recourir aux traités spéciaux.

Le ver, parvenu à son cinquième âge, cesse de manger, se vide de ses excrémens, perd de son volume, prend une sorte de translucidité, abandonne les feuilles, cherche à grimper sur les montans et à se cacher dans un lieu isolé ; c'est alors qu'il veut filer son cocon. On lui donne des rameaux de bruyère, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

genêt, de petit chêne vert, d'alaterne, etc., qu'on dispose sur les tables et en forme d'allées, de 18 pouces de large, confondant en haut leurs branches. Les vers de deux tables sont réunis sur une seule, et toute la litière doit être enlevée. Des cornets de papier, des copeaux de menuisier, des touffes de chiendent sont disposés pour les vers plus diligens, et plus tard pour les plus paresseux. Le ver se met à construire son cocon, en étendant ses fils en différens sens : ce n'est d'abord qu'une soie grossière ; mais elle devient plus régulière et plus fine, et la chenille en forme une sorte d'œuf, en contournant ses fils en zig-zag, et couches par couches, tout autour d'elle.

La matière de la soie est liquide dans le corps du ver, mais elle se durcit à l'air, et le gluten qui l'enduit colle les fibres les unes sur les autres. On peut même extraire du corps de l'animal cette substance en masse, et en former un tissu transparent, de gros fil insoluble, etc. Trois ou quatre jours suffisent à la fabrication du cocon. On doit *déramer* peu après, c'est-à-dire ôter les cocons de la bruyère. On treille pour séparer les plus beaux cocons qu'on réserve pour graine. A l'époque naturelle (après 18 à 20 jours), le papillon se développe, perce son cocon en heurtant de sa tête avec violence contre le tissu d'une extrémité qu'il a humectée, et dont il écarte les fibres avec ses pattes. On recueille ces papillons, et on les place sur une étamine usée où se fait l'accouplement et la ponte.

Quant aux cocons qui doivent être défilés, il faut ne pas attendre plus de 10 à 12 jours pour les étouffer; car si on laissait à la chrysalide le temps d'éclore, son cocon serait percé et n'aurait plus de valeur ; c'est ce qu'on fait en les exposant pendant cinq jours aux ardeurs du soleil, ou en les mettant au four chaud, ou dans la vapeur d'eau bouillante, ou dans une étuve. La chaleur de 75 degrés, soutenue pendant une demi-heure, suffit pour tuer les chrysalides. On assure que le même effet est produit en les exposant à la vapeur de l'essence de térébentine.

La soie est ordinairement jaune, quelquefois blanche ou même vert-pomme. La blanche, qui provient d'une variété de ver de la Chine est préférée, parce qu'elle n'a pas besoin de subir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'opération du DÉCREUSAGE pour la décolorer. On chauffe de l'eau dans une bassine, on y plonge les cocons pour dissoudre la gomme qui colle les fils les uns aux autres. On agite les cocons avec une botte de verges qui arrache la bourre et fait trouver le maître brin, qu'on dévide ensuite sur un asple à quatre ailes. *V.* SOIE, MOULINAGE, MAGNANIER, BLANCHIÉMENT DE LA SOIE, FILOSELLE, FILATURE, etc.

On a trouvé, par expérience, que 15 de feuilles de mûrier donne 1 de cocons, en poids, et que 100^{kil} de cocons donnent 8^{kil} de soie filée, quand l'opération est bien conduite. Une once de graines produit 80 livres de cocons, et même plus (30 grammes produisent 40 kilogrammes). Enfin il faut une livre de cocons pour rendre une once de graine (4 hectogrammes pour 30 grammes.)

La soie d'un cocon pèse 1 $\frac{1}{5}$ décigramme (2 grains $\frac{1}{2}$); son fil est long de 230 à 360 mètres (700 à 1100 pieds), ce qui donne une idée de son extrême ténuité. Ces fils ont cependant beaucoup de force, surtout quand on en réunit plusieurs ensemble.

FR.

VERT DE CHROME. *Voyez* l'article CHROME et le Mémoire de M. Lassaigne, *Annales de chimie*, T. XIV, p. 301. P.

VERT-DE-GRIS (*Technologie*). Le *vert-de-gris* est un sous-acétate de cuivre formé par l'acide acétique, dans les proportions, suivant *Vauquelin*, de 46,5 d'acide acétique, 40 d'oxide de cuivre et 10 d'eau. Il est en masses et amorphes d'un vert particulier, d'une saveur âpre, métallique, insupportable. Le vert-de-gris se préparait autrefois en très grande quantité à Montpellier et dans le département de l'Hérault, mais aujourd'hui on le prépare dans plusieurs autres vignobles. Pour cela, on dispose des lames de cuivre rouge de rosette de cinq à six pouces de long, sur quatre de large, qu'on écrouit un peu en le battant avec le marteau sur une enclume; d'un autre côté, on a une provision de marc de vendange qui a pris un commencement d'acidité, et qu'on conserve dans des futailles bien bouchées, afin de la soustraire au contact de l'air.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On étend sur le fond des caisses une couche de marc d'un pouce d'épais, puis une couche de plaques de cuivre, l'une à côté de l'autre; par dessus, une autre couche de marc, puis des plaques de cuivre, et successivement de même jusqu'à ce que la caisse soit pleine. On termine par une couche épaisse de marc. On fait chauffer les plaques de cuivre dans un chauffoir fait exprès avant de les placer dans les caisses; elles doivent avoir acquis une chaleur de 30 degrés Réaumur, au moins, au moment où on les place. On fait cette opération dans la cave même, qui doit avoir un peu d'humidité, et conserver constamment une température de 10 à 12 degrés, et où la lumière ne soit pas trop vive.

Au bout de huit jours on vérifie à quel point en est l'opération. Si le marc a blanchi, on en conclut que l'opération est terminée; dans le cas contraire on attend encore quelques jours, qui vont quelquefois jusqu'à 18 ou 20. On tire de temps en temps une plaque de dessous le marc; si l'on y remarque des taches blanches, elles sont un signe de détérioration, et l'on s'empresse de vider les caisses, en séparant les plaques de cuivre qui sont couvertes d'une légère couche de *verdet*.

On met toutes les plaques, ainsi couvertes d'une couche verte, debout, dans une corbeille d'osier; on les porte dans une espèce d'étuve qu'on nomme *coutidou*, et on les laisse au *relai*; on les mouille légèrement avec de l'eau pure, soit en les passant vivement dans un plat plein d'eau, soit en les aspergeant avec un balai qu'on trempe dans cette eau. Le verdet, qui n'était d'abord qu'une poussière légère, se gonfle et acquiert une épaisseur de deux lignes au plus. Alors on le râcle sur une table destinée à cela, on le met dans une auge en forme de pétrin, on l'ensache, on le fait sécher entièrement, et on le livre au commerce.

Les sacs dans lesquels on le met sont en peau blanche; on les remplit entièrement, et on coud l'ouverture. On place ensuite ces sacs debout sur des planches qu'on expose à l'ardeur du soleil jusqu'à ce qu'il soit suffisamment desséché. On les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enferme tous les soirs après le coucher du soleil, et l'on ne les sort que lorsque le soleil brille sur l'horizon; on ne les laisse jamais exposés à la pluie.

Au fur et à mesure que le verdet se dessèche, il occupe une moins grande place dans le sac; mais, afin que la peau soit toujours tendue, on enfonce dans les deux bouts un morceau de bois rond par le bout et cylindrique qui fait tendre cette peau sur les surfaces extérieures.

En dissolvant le verdet dans le vinaigre distillé, et faisant évaporer jusqu'à pellicule, selon les règles de l'art, on obtient des cristaux d'un vert particulier, et l'on désigne ce nouveau produit sous la dénomination d'*acétate de cuivre cristallisé*, vulgairement désigné sous les noms de *cristaux de Vénus*, ou de *vert-de-gris distillé*.

Si nous eussions eu l'intention de faire un ouvrage spécial sur cette matière, nous serions entrés dans tous les détails de cette double fabrication; mais notre cadre ne nous le permettait pas. Le lecteur peut consulter notre *Manuel du fabricant de verdet ou vert-de-gris*, et *du fabricant de verdet cristallisé* (*acétate de cuivre cristallisé*), imprimé en 1813, in-8° de 162 pages.

Le verdet est souvent falsifié; nous l'avions annoncé dans notre *Manuel* et nous n'avions pas voulu indiquer les moyens que les fabricans peu délicats emploient pour cette fraude. Nous allons le faire connaître aujourd'hui en indiquant des moyens faciles pour ne pas être trompé. Lorsque le verdet est déposé en vert dans l'auge et avant de l'arracher, ils y saupoudrent dessus, à l'aide d'un tamis de soie du plâtre en poudre, et pendant que l'un verse le plâtre, un autre remue la masse avec une pelle de bois, afin de bien mêler le plâtre également partout. Alors on s'empresse de remplir les sacs. Le plâtre absorbe bientôt l'humidité, et le sac n'est presque pas teint en vert, tandis que, quand la fraude n'existe pas, le sac est tout vert en dehors. Cette circonstance doit d'abord éveiller le soupçon. Pour s'en assurer on pèse exactement quatre gros du verdet qu'on soupçonne, on le fait dissoudre dans six gros de bon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vinaigre; s'il est pur, il s'y dissoudra à peu près en entier: s'il n'est pas pur, il se formera un dépôt, lequel, lavé et desséché, pèsera quelquefois un gros, car il y a des fabricans infidèles qui introduisent jusqu'à 25 pour 100 de plâtre dans leur verdet, sans qu'on puisse le distinguer à la vue. Il est ensuite très aisé, par les réactifs chimiques, de connaître la nature de ce dépôt. L.

VERT DE SCHÉELE. On désigne, sous ce nom, une matière colorante contenant de l'arsenite de cuivre. Voici le procédé de *Schéele*, à qui l'on attribue la découverte de cette couleur.

On fait dissoudre 2 livres de sulfate de cuivre dans 11 pintes d'eau pure; la solution doit se faire à chaud, dans une chaudière en cuivre; on met fondre séparément dans une suffisante quantité d'eau pure, et à l'aide de la chaleur, 2 livres de potasse blanche et 11 onces d'arsenic blanc (acide arsénieux) pulvérisé. Quand tout est dissous, on filtre la liqueur et on la reçoit dans un autre vase.

On verse dans la solution arsénicale la solution encore chaude de sulfate de cuivre; on observe d'en mettre peu à la fois, et on remue continuellement. Le mélange étant fait, on le laisse déposer pendant quelques heures, et la couleur se précipite. On décante alors le liquide clair; on jette sur le résidu quelques pintes d'eau chaude, on remue bien, on laisse déposer, puis on décante. Ayant ainsi lavé trois ou quatre fois le précipité, on le met égoutter sur une toile.

Lorsqu'il a la consistance convenable, on le divise en trochisques, et on le fait sécher sur du papier non collé.

Les quantités indiquées doivent produire 2 livres 6 onces de couleur sèche.

Dans ce procédé, on n'est pas assuré d'obtenir toujours la même nuance, parce que la potasse du commerce ne contient pas toujours la même proportion d'alcali. Il y aura donc ou excès soit de sulfate de cuivre, soit de potasse, soit d'arsenic.

Pour obtenir des résultats plus certains et ne rien perdre, quelles que soient les matières employées, il faut d'abord

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mélanger l'acide *arsénieux* avec le sulfate de cuivre dans l'eau.

Pour cela, on réduit en poudre fine l'arsenic (1), et on le fait fondre dans une suffisante quantité d'eau; lorsque la solution est opérée, on la mêle avec le sulfate de cuivre : on peut ainsi mêler une partie d'arsenic avec dix de sulfate, sans qu'il se fasse de précipité.

On fait dissoudre en même temps du carbonate de soude ou du carbonate de potasse; on prend ensuite, dans un verre, une petite portion de cette solution de cuivre arséniquée, et on le précipite complètement par l'un ou l'autre des deux alcalis. On voit par le résultat si la nuance de couleur est telle qu'on la désire. Si on la trouve trop jaune (ce qui aurait lieu avec la proportion de plus de 10 pour 100 d'arsenic indiquée par Schéele), on ajoute une nouvelle dose de solution de sulfate de cuivre.

En employant de l'alcali caustique, la couleur devient très intense et très dure en séchant (2). En effet, on a quelquefois besoin que cette couleur ait la plus grande intensité possible. Le vert de Schéele est surtout employé dans la peinture à l'huile et dans la coloration des papiers peints; on s'en est quelquefois servi pour colorer des bonbons. Cette application dangereuse fut, il y a quelques années, décélée par les soins du Conseil de salubrité et interdite aux confiseurs.

Le vert de Schéele, chauffé, répand une odeur d'ail; calciné dans un tube, il laisse du charbon, de l'arsenic et du cuivre métallique.

VERT DE SCHWEINFURT. On trouve dans le commerce

(1) Comme l'arsenic est un poison des plus dangereux, il faut avoir la précaution de le broyer dans l'eau ou en vases clos, pour ne pas s'exposer à en respirer la poussière. On trouve d'ailleurs cette substance toute pulvérisée dans le commerce.

(2) Ainsi préparé, le verre de *Schéele* est vitreux dans sa cassure et très dur à broyer; mais si on le met tremper dans l'eau, et qu'ensuite on le fasse sécher à l'air, il se fendille en petits morceaux, et la trituration en devient plus facile.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un vert de cuivre extrêmement brillant que l'on vend sous le nom de *vert de Vienne*, *vert de Brunswick*, ou *vert de Schweinfurt;* c'est un mélange d'arsenite et d'acétate de cuivre.

M. Broconnot, d'après l'analyse de cette couleur, est parvenu à la préparer de la manière suivante :

On fait dissoudre dans une petite quantité d'eau chaude six parties de sulfate de cuivre; d'une autre part, on fait bouillir dans l'eau six parties d'oxide blanc d'arsenic et une partie de potasse du commerce; on mêle peu à peu cette solution avec la première, en agitant continuellement, jusqu'à ce que l'effervescence ait entièrement cessé. Il se forme aussitôt un précipité jaune, verdâtre, sale, fort abondant; on ajoute environ trois parties d'acide acétique, de façon à ce qu'il y en ait un léger excés sensible à l'odorat.

Peu à peu le précipité diminue de volume, et, dans l'espace de quelques heures, il se dépose spontanément au fond du liquide, qui se décolore, une poudre d'une contexture légèrement cristalline et d'un très beau vert; on décante la liqueur surnageante, et on lave avec soin le précipité.

Le docteur Liebig a publié un autre procédé qui donne un résultat semblable.

On dissout à chaud, dans une chaudière de cuivre, une partie de vert-de-gris dans une suffisante quantité de vinaigre distillé, et l'on ajoute une solution aqueuse d'une partie d'oxide blanc d'arsenic. Il se forme, par le mélange de ces liquides, un précipité d'un vert sale, qu'il est nécessaire, pour la beauté de la couleur, de faire disparaître. Pour cet effet, on ajoute une nouvelle quantité de vinaigre, jusqu'à ce que le précipité soit redissous; on fait bouillir le mélange; il s'y forme, après quelque temps, un précipité cristallin grenu, d'un vert de la plus grande beauté, que l'on sépare du liquide, qu'on lave avec soin, et qu'on fait sécher.

Si la liqueur surnageante contient encore un peu de cuivre, on y ajoute de l'acétate de cuivre; si enfin elle contient un excès d'acide acétique, on s'en sert pour dissoudre de nouveau du vert-de-gris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au lieu de dissoudre du vert-de-gris dans du vinaigre, on pourrait se servir du VERDET *cristallisé* qu'on ferait dissoudre dans l'eau.

La *couleur*, ainsi préparée, offre une nuance bleuâtre; si on la voulait plus jaunâtre, il faudrait augmenter la proportion d'arsenic. On peut aussi désirer qu'elle soit d'un ton plus intense; pour produire ce changement, il suffit de dissoudre une livre de potasse du commerce dans une suffisante quantité d'eau, d'y ajouter dix livres de la couleur obtenue par le procédé ci-dessus, et de chauffer le tout à un feu modéré; bientôt on voit la couleur se foncer et prendre la nuance voulue. Si l'on fait bouillir trop long-temps, elle se rapproche du vert de *Schéele*, mais elle le surpasse toujours en éclat et en beauté. Le liquide alcalin qui reste après l'opération peut servir à la préparation du vert de *Schéele*.

VERT DE VESSIE. On nomme ainsi cette couleur, parce qu'elle est contenue dans des vessies. Pour la préparer, on mêle 3 kilogrammes (6 livres) de suc de baies de nerprun mûres, avec 750 grammes (1 livre 6 onces) d'eau de chaux, et 96 grammes (3 onces) de gomme arabique. On fait évaporer ce mélange en consistance d'extrait, puis on le renferme alors dans des vessies que l'on suspend à l'air, afin que la dessiccation de la matière colorante s'achève. Ce produit est employé dans les peintures à l'eau. P.

VIDANGEUR. Au mot GADOUARD, qui est le nom technique que l'on donne au vidangeur, nous avons décrit cet art au tome X, page 4. (*Voyez* ce mot.) Nous ajouterons seulement ici que l'on cherchait depuis long-temps les moyens de transporter les matières sans odeur, mais qu'on semblait encore loin d'avoir atteint ce but. On a substitué aujourd'hui aux tinettes qu'on employait en grand nombre et qu'on chargeait sur des charrettes, de très longues futailles dont une seule forme la charge de la voiture. Ce nouveau mode nous a paru pour le moins aussi mauvais que l'ancien.

Nous décrirons dans les additions, à la fin de ce volume, de nouveaux moyens qui ont fixé l'attention publique tout récem-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment, et provoqué d'intéressans rapports à l'institut et dans les conseils de salubrité. L.

VIELLE (*Arts physiques*), instrument de musique à cordes et clavier, qui était autrefois d'un usage très répandu, mais qui n'est plus guère joué que par les musiciens des rues. Il n'a ordinairement que deux cordes, l'une nommée *bourdon*, qui ne rend qu'un seul son servant d'accompagnement aux airs qu'on joue sur l'autre, en l'accourcissant à différens degrés, non pas en y posant les doigts comme sur un violon, mais en l'attaquant avec les touches d'un CLAVIER.

Ce clavier est composé de treize touches ou *marches* noires et de dix blanches; son étendue ordinaire est de deux octaves, d'un sol grave à un sol aigu. L'instrument s'accorde en *ut* et en *sol*, les deux seuls tons auxquels il puisse se prêter. Chaque marche du clavier de la vielle a deux petits morceaux de bois perpendiculaires ou *touches*, qui en effet touchent deux cordes à la fois qui sont tendues à l'unisson; ce sont les *chanterelles*. Quelquefois on n'en met qu'une seule, car l'autre n'est destinée qu'à renforcer le son.

Ces touches sont pressées en dessous du clavier par les doigts de la main gauche; quand la pression cesse, elles s'éloignent d'elles-mêmes des cordes et retombent; ce clavier dans son entier ressemble à une petite caisse élevée sur la table de l'instrument, et c'est dans cette caisse que sont logées les branches des marches et leurs touches. Un couvercle la couvre lorsqu'on veut cacher le clavier.

L'archet est une petite roue pleine, dont la surface est frottée de colophane, et qu'on fait tourner de la main droite avec une manivelle. Les saccades qu'on donne par des coups de poignet forment des *détachés* qui donnent aux notes de l'air qu'on joue une sorte de sécheresse et de dureté. La même roue, en frottant aussi sur un ou deux bourdons (à l'unisson), fait entendre cette espèce d'accompagnement monotone qu'on préfère souvent supprimer en ôtant les bourdons. La roue est située dans la partie concave de la caisse, et sort un peu au dehors.

Il y a deux chevilles à un bout de la vielle pour tendre les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chanterelles, avec un chevalet près de la roue; il y a aussi deux autres chevalets de côté pour limiter la longueur des bourdons. L'instrument, qui a la forme d'une guitare ou celle d'un luth, mais allongé et privé de son manche, a une *ouie* pratiquée à l'extrémité inférieure.

Il y a des vielles qui ont jusqu'à trois cordes doubles de bourdons sous les noms de *trompette*, *mouche* et *bourdon* : elles sont filées en laiton. Les chanterelles résonnent le *sol*, et les autres cordes la quinte *re*, *ut* et *sol*. Mais lorsqu'on ne supprime pas ces dernières, on préfère un seul bourdon qui rend *ut* grave. Les chevilles des bourdons sont situées à l'autre bout de l'instrument.

Quoiqu'il y ait des artistes assez habiles pour jouer fort agréablement de la vielle, cet instrument a un son maigre et des ressources si peu étendues qu'il n'est guère en usage aujourd'hui. On le suspend au cou par un cordon, qui le descend au niveau de la ceinture, pour donner aux deux mains la facilité d'attaquer l'une la manivelle, l'autre le clavier. Sa forme générale est celle d'un cône tronqué allongé. FE.

VIF ARGENT. *Voyez* MERCURE.

VIGNE (*Vitis vinifera*, de la famille des vinifères). Linné. Cette plante est originaire des forêts de l'Asie-Mineure; les Phéniciens l'apportèrent en Italie, puis à Marseille, d'où sa culture se répandit dans les Gaules. L'empereur Julien dit, dans son *Misopogon*, écrit en l'année 360, qu'il cultivait de fort bon vin, dans sa chère Lutèce, qui était alors renfermée dans l'île de la Cité.

Les feuilles et les jeunes pousses de la vigne ont une saveur aigrelette qui les rend agréables à la plupart des animaux herbivores; aussi les leur donne-t-on à manger lorsqu'on épampre la vigne. Les propriétés antiophthalmiques et diurétiques que l'on attribuait à la sève de la vigne déterminaient beaucoup de gens des campagnes à la recueillir lorsqu'elle monte avec force au printemps et s'écoule par les sections faites aux branches. On a depuis reconnu que ces propriétés n'existent réellement pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vigne est cultivée basse dans les pays froids et tempérés; dans les pays chauds, on la laisse s'élever jusqu'au sommet des plus grands arbres; elle ne donne de bons fruits ni dans les climats très chauds des tropiques ni dans les zones froides ou glacées, c'est-à-dire au delà du 25e deg. lat. méridionale et du 52e nord. La France, l'Espagne, le Portugal, l'Italie, la Styrie, l'Autriche, la Carinthie, la Hongrie, la Transylvanie et la Grèce, renferment les meilleurs vignobles de l'Europe. En dehors de cette partie du monde, on ne peut guère citer que Chypre, Madère, le Canaries, les Açores et le cap de Bonne-Espérance.

De toutes ces contrées, la France est celle qui produit les vins les plus variés et les plus fins; 800,000 hectares de terre y sont cultivés en vigne, dont le raisin, converti en vin, produit un revenu annuel de 761,270,000 francs. C'est un des produits spéciaux dont la valeur pourrait s'accroître en servant d'échange avec les produits des autres nations.

Comme la plupart des bonnes plantes, la vigne a donné, par la culture, plusieurs variétés de fruits : les uns pour la table, et les autres propres à faire le vin.

Principales variétés pour la table.

1°. *Morillon hâtif*, ou *raisin précoce de la Madeleine.* Feuilles palmées, alternes, incisées, petites; grappes petites; grains violets, noirs ou blancs; peau dure; très précoce. Il se plaît au midi.

2°. *Chasselas de Fontainebleau*, ou mieux *de Thomery.* Grappes à gros grains, peu serrés. On distingue le noir, le violet, le rouge, le rose, le blanc et le hâtif. C'est le meilleur et le plus cultivé pour la table.

3°. *Chasselas doré de Bar-sur-Aube*, ou *raisin de Champagne.* Feuilles laciniées, grandes; grappes grandes et grosses; grains d'inégales grosseurs; suc fluide et sucré. Il mûrit ordinairement bien dans le rayon de Paris.

4°. *Chasselas musqué.* Feuilles de moyenne grandeur, peu découpées; grappes assez grosses, sucrées. Tardif.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5°. *Muscat noir.* Feuilles peu découpées ; grappes d'un violet noir, sucrées.

6°. *Cioutat,* ou *raisin d'Autriche.* Feuilles incisées ; grains petits. Exige une exposition au midi.

7°. *Muscat blanc de Frontignan.* Feuilles peu incisées ; grappes coniques ; grains serrés, fort sucrés et un peu musqués. Très bon raisin au midi.

8°. *Muscat rouge.* Feuilles découpées ; grains d'un rouge vif ou marbré de jaune ou de rouge pâle, sucrés et aromatiques.

9°. *Muscat d'Alexandrie,* ou *galle longue musquée.* Feuilles dentées incisées ; grains ovales, musqués et de la grosseur d'un œuf de pigeon. Doit être exposé au midi.

10°. *Cornichon blanc.* Feuilles grandes, peu découpées, cotonneuses ; grappes allongées et grains sucrés, en forme de petit cornichon. C'est un très bon raisin qui mûrit bien à Paris.

11°. *Verdal.* Grains à peau mince, sucrés. Au midi.

12°. *Cornichon violet.* Grains sans pépins, jaunes. Demande une exposition (du midi) très chaude.

13°. *Vigne de Ténériffe.* Nouvelle variété ; graines ovoïdes et d'un violet foncé très clair. Mûrit en septembre.

14°. *Vigne d'Ischia.* Nouvelle variété donnant, dans le midi, deux récoltes par an.

15°. *Raisin de Corinthe.* Grappes bien fournies et allongées, à grains ronds, petits et sucrés, sans pépins. Il lui faut une exposition très chaude, ou mieux la serre portative mise devant sa treille.

16°. *Verjus, Gouais* ou *Bordelais.* Feuilles grandes, fort découpées ; grappes grosses ; grains ovales ou oblongs, noirs, rouges ou jaunes, sucrés.

17°. *Saint-Pierre.* Grains ronds, blancs et gros.

On taille les deux derniers à cinq yeux : on les consomme en confitures, et on en exprime le suc nommé *verjus.*

Telles sont les variétés pour la table : on les plante au pied des murs, sous le chaperon ; on les plante aussi au milieu des jardins et dans les champs, mais alors on les échalasse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Principales variétés pour faire le vin, cultivées aux environs de Paris, dans le milieu des jardins et des champs.

Le *meunier*, le *morillon*, le *murlo*, ou *languedoc*, le *plant du roi* ou *bourguignon*, le *meslier*, le *manzard*, la *rochelle noire* et *blonde*, les *muscats*, le *gris-mêlé*, le *petit goy*, le *sans-morillo*, le *gamay* ou *gamet*, l'*éricé*, le *gouet bleu* et le *gouet rouge*; les moûts de ces deux derniers sont sujets à tourner au gras; on les mêle avec d'autres vins pour qu'ils se conservent.

On cultive dans le département de l'Yonne, à Auxerre, Migraine, Tonnerre, Châblis, Joigny, Cussy, Coulanges, Sens, Avalon, etc., les variétés suivantes : le *pineau noir*, *blanc* et *gris*, le *plant vert*, le *tresseau*, le *romain*, le plant d'*Orléans* ou *teinturier*, le *pineau de Colonges* et le *gamay*. A l'article vin, nous ajouterons quelques détails sur les variétés préférées dans la Côte-d'Or, où se rencontrent les meilleurs crus.

Dans le Bas-Rhin, à Weissembourg, on remarque le *rouge ordinaire*, le *rouge de Bourgogne*, le *rouge de Lamberlsloch*, le *treutsch*, le *kleinhengot*, le *schoemberg*, le *dreymoener* et le *rœsling*.

Dans le département du Jura, le *raisin perlé*, le *pineau* ou *franc morillon*, le *petit baclan*, le *tresseau*, le *meunier*, le *petit gamet*, le *muscat noir*, le *sauvignon*, le *savagnin*, le *fromanteau gris*, le *chasselas* et le *raisin* dit la *famille ronde*.

On remarque en Provence, sur les côtes de la mer, le *monosquer* ou *teoulier*, l'*union noire*, l'*olivette noire*, le *plant d'Arles*, le *brun fourca* et *le petit brun*, et dans la plaine, le *catalan*, le *morvèbre*, le *bouteillan* et l'*union rouge*.

Tous les vins de Provence, foulés séparément, produisent des vins particuliers très bons.

Nous n'avons parlé que des principales variétés produisant des vins commerciaux; il en est une foule d'autres qu'il serait fastidieux d'énumérer.

On obtient toujours plus de succès des variétés cultivées dans le nord et portées dans le midi que de celles du midi transportées dans le nord, parce que les variétés du nord mûrissent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus sûrement dans le midi que celles du midi ne mûrissent dans le nord.

Toutes les variétés de vigne réussissent dans les terres calcaires, sablonneuses et pierreuses, les sables granitiques mêlés de terres sèches, chaudes et légères, en pente, et qui reçoivent long-temps les rayons solaires. C'est là que l'on obtient, dans les climats tempérés, les meilleurs fruits et les vins les plus délicats: ils ne sont que d'une médiocre qualité dans les lieux ombragés. La vigne ne vient pas dans les terres aquatiques.

On multiplie la vigne de graines, de boutures, de marcottes et de greffes.

1°. *Multiplication par graines.* Ce mode produit les variétés qui résistent le plus aux gelées. On sème en mars en pleine terre ou dans des terrines; on couvre le semis de paille après avoir recouvert la graine avec la terre de la surface, ou avec une couche de terreau et de terre fine. La graine lève en dix jours. En hiver, on entretient le semis couvert de paille la première année, pour que la gelée ne le frappe pas : on le repique en place la seconde ou la troisième année; on défonce ordinairement, à 7 décimètres (2 pieds), le terrain qui doit recevoir la vigne, s'il y a de la terre végétale jusqu'à cette profondeur. Ce mode de culture est très long et peu usité, parce que l'on ne récolte du fruit qu'à la troisième ou quatrième année, et ce n'est qu'au fruit qu'on reconnaît si le raisin est bon ou mauvais. Dans cette incertitude, on préfère les autres procédés.

2°. *Multiplication par boutures.* Il y a deux boutures, la bouture en crossette et la bouture simple.

a. *Bouture en crossette.* Celle-ci se fait avec la partie inférieure des bourgeons garnis de cinq ou six yeux et de 3 centimètres (1 pouce) du bois de deux ans que l'on détache du rameau des mères vignes bien aoûtées. On coupe ces boutures en octobre ou au moment de la taille; si on les coupe en automne, on les conserve en les enterrant dans la terre humide jusqu'à la plantation; cette époque étant arrivée (mars), on les coupe à 4 ou 6 millimètres (2 ou 3 lignes) d'un bon œil, avec une serpette bien affilée, puis on les plante; on attend jusqu'en avril, si

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la terre est trop humide. Dans le midi de la France, cette plantation se fait en automne, aussitôt que les boutures sont détachées des mères.

La distance à laquelle on place les plants les uns des autres, dans le nord et dans le midi de la France, varie selon la fertilité et la température ; il faut qu'ils soient assez éloignés pour que les racines aillent puiser la nourriture dans le voisinage sans nuire aux plants voisins, que l'air et la lumière puissent arriver et circuler sans empêchement. A Paris, on les plante dans les champs à 60 centimètres (2 pieds) jusqu'au dessus de l'avant-dernier œil : dans le midi de la France, on plante à 90 centimètres (3 pieds); on couvre toute la plantation de paille pour que le soleil ne déssèche pas la terre; on arrose et l'on continue d'arroser jusqu'à la reprise. Il faut, si on le peut, prendre ces boutures en crossettes dans des terres plus maigres que celles où l'on se propose de les planter, parce qu'alors le mouvement de végétation les enracine plutôt et mieux. Le terrain aura été défoncé, au préalable, s'il n'était pas meuble et aussi bien fumé avec des terreaux ou du noir animalisé, s'il n'était pas assez fertile. Il faut toujours, à Paris, préférer les vignes hâtives, pour que le raisin mûrisse.

On bine et sarcle lorsque l'herbe paraît. On échalasse les boutures qui ne peuvent se soutenir.

b. *Boutures simples.* Un moyen plus économique, dit *Thouin*, consiste à planter des boutures simples, bien aoûtées, âgées de neuf mois et formées de la pousse précédente; mais les produits sont plus tardifs et moins sûrs : c'est pour cela qu'il faut toujours préférer les boutures en crossettes.

3°. *Multiplication par marcottes.* Ce moyen est employé pour rajeunir de vieilles vignes, remplacer celles qui sont mortes, et pour avoir des plants enracinés, en mars, à Paris, et dans le midi de la France : en octobre et en novembre, on commence par déchausser les corps, dit *Thouin*, de 3 à 5 diamètres (9 à 15 pouces) de profondeur et le double en diamètre. On fait choix des sarmens les plus vigoureux, assez distans les uns des autres pour être couchés sans confusion; on ôte les branches de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie qui va être provignée : on couche ensuite dans la fosse les sarmens réservés; on les assujettit avec un crochet de bois pour qu'ils ne se dérangent pas; on redresse presque perpendiculairement, sur le bord extérieur de la fosse, l'extrémité des sarmens couchés; on tranche les provignés à un ou deux yeux au dessus du niveau de la terre; on ne remplit pas tout-à-fait la fosse pour que les racines puisent les sucs plus profondément en terre, et pour que les eaux atmosphériques restent et rafraîchissent le marcottage; on enfonce un échalas derrière chaque provigné pour les dresser en grandissant; on enlève la mauvaise herbe, à mesure qu'elle croît, avec la binette, qui, labourant la terre, la rend en même temps plus perméable aux agens de l'air.

A l'automne de l'année du marcottage, ou au printemps suivant, on sépare les provignés de leur mère ou on les y laisse : ils sont assez enracinés pour se suffire à eux-mêmes; mais il vaut mieux ne pas les séparer. Ce procédé est très employé en Bourgogne, en Lorraine, etc.

Si on veut servir sur table du raisin en novembre, on marcotte les branches de vignes de l'année, qui sont en pots, en les laissant passer par les trous des pots, que l'on remplit de terre. Il faut ôter la feuille de la partie qui doit être enterrée, et quatre ou cinq yeux sortent de la terre; on lève la marcotte lorsqu'elle est assez enracinée. On peut servir ces pots sur table, l'année suivante, lorsque le raisin est mur.

4°. *Multiplication par greffes.* On greffe la vigne de deux manières, en fente sur la tige et en fente sous le collet de la racine.

Greffe en fente sur la tige. On fait cette greffe en avril sur le cep, assez près de la terre : on le fend perpendiculairement au milieu, à la longueur de 6 centimètres (2 pouces); on y introduit la greffe longue de 14 centimètres (5 pouces) et taillée en biseau; on l'enfonce bien avant, en faisant coïncider les écorces; on forme une poupée d'argile autour de la greffe; lorsque les ligatures forment des bourrelets, on les desserre, et, la reprise étant bien soudée,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on réforme la poupée; on échalasse, on coupe les bourgeons qui naissent au dessous de la greffe, on bine.

Greffe en fente sous le collet de la racine. On pratique cette greffe en déchaussant à 15 centimètres (6 pouces) au dessous des premières petites racines : on la fend perpendiculairement et on y place la greffe; on entoure cette dernière d'un lien de jonc et de cire à greffer. *Thouin* dit que, sur cent greffes, il n'en manquera pas cinq, et que les souches fournissent déja beaucoup de raisin, la seconde année, en taillant à cinq yeux; c'est le moyen d'utiliser de bonnes souches qui produisent de mauvais raisins.

Thouin s'est plaint avec raison que l'on ne fît pas assez d'usage de cette dernière greffe dans la grande culture; c'est cependant une excellente méthode de rafraîchir les vignes en améliorant la nature du raisin.

Taille de la vigne en espalier, à Paris. On taille la vigne en février, s'il ne gèle pas; il n'est pas convenable de tailler la vigne ni les arbres dans les mois de décembre et janvier, la moindre gelée, ayant prise sur toute l'ouverture, saisirait l'endroit de la taille, ferait périr l'extrémité du rameau, et porterait ainsi préjudice au bouton adjacent qu'elle endommagerait. Les bons praticiens conseillent de ne rien tailler que, lorsque la gelée n'étant plus à craindre, la sève est prête à monter; la végétation qui survient répare la dénudation qu'a produit le ciseau ou recouvre l'incision faite par la serpette. *Columelle* savait cela et prescrivait de tailler la vigne au printemps, dans les pays froids, parce qu'elle donnait davantage de raisin, et de la tailler en automne dans les pays chauds.

On rabat les ceps plantés; la première année on retranche tous les bourgeons du pied; on ne réserve que le plus fort et le plus droit, dont on forme la tige principale : on taille celle-ci à 3 décimètres (9 pouces) de haut; on ne lui laisse que trois yeux à sa partie supérieure, et l'on *éborgne* tous ceux qui lui sont inférieurs: ces yeux sont destinés, le plus élevé à fournir au bourgeon qui doit continuer la tige verticale, et les deux latéraux à produire les deux premières branches mères du bas de la treille. On palisse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les bourgeons, à mesure qu'ils croissent, dans les directions qu'ils doivent conserver; les deux du bas sont conduits à l'opposé l'un de l'autre autant que possible, et celui du haut placé perpendiculairement sur son pied. On éborgne les yeux que produisent les bourgeons.

A la seconde taille, on coupe à six ou huit yeux le bourgeon perpendiculaire, et à quatre ou six les deux latéraux; on ne laisse sur le premier que les bourgeons supérieurs, et sur les deux autres que les deux yeux qui se trouvent au dessous de chaque coupe : on éborgne tous les autres. Les trois yeux du sarment vertical sont destinés à fournir le second cordon et la prolongation de la tige principale; les autres réservés sur les premières mères branches donnent de chaque côté le bourgeon qui doit les prolonger en une première branche montante. On pratique les autres tailles d'après les mêmes principes que la seconde, jusqu'à ce que la treille soit formée; leur but est d'allonger la tige et les mères branches montantes sur chacune de ces dernières, et de tailler celles-là à un ou deux yeux.

Taille de la vigne échalassée, à Paris. Elle consiste à lier trois mères branches à des échalas; on les examine en particulier; on retranche à chacune les cinq ou six plus gros bourgeons à trois ou quatre yeux, s'ils sont forts; à deux yeux les bourgeons moyens, et à un œil les bourgeons faibles. On supprime tout-à-fait les bourgeons les plus faibles; si on les taillait plus longs, le fruit ne viendrait pas si gros ni d'aussi bonne qualité, et la vigne ne vivrait pas autant d'années : il ne faut laisser venir du fruit qu'autant que la vigne peut en nourrir. On laisse peu monter la vigne dans les pays froids et tempérés, comme Paris, la Lorraine, la Bourgogne, l'Allemagne, etc.; mais on la laisse monter plus haut dans les pays chauds, le midi de la France, l'Italie, la Grèce, les côtes de Barbarie, etc. A Meaux en Brie et du côté de Lagny, où la terre est très franche, substantielle et pierreuse, on plante la vigne dans des tranchées à 6 décimètres (18 pouces) de distance et en ados de 1 mètre (3 pieds). On plante pendant deux ans, auprès de la vigne, dans les tranchées, des griffes d'asperges, et, sur les crêtes, des haricots, du cerfeuil, des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pommes de terre, du persil, etc. La vigne pousse dans une année 4 ou 5 décimètres (12 ou 15 pouces) de longueur; on la rabat en *cerceau*, et il vient une grande quantité de grappes après les cerceaux; *Palladius* a décrit cette disposition. Les échalas ont 1 mètre 30 centimètres (4 pieds).

Culture et taille de la vigne en espalier, à Fontainebleau et à Thomery.

Fontainebleau, ville sise au milieu de la forêt du même nom, qui contient 16,436 hectares de terre, se trouve défendue des vents et du froid par les arbres; c'est la situation la plus propre à la culture du chasselas.

Thomery, village à deux lieues au levant de Fontainebleau, est situé sur un coteau à l'est et au nord, un peu en pente vers ces deux points; il est séparé de la Seine par une petite prairie toujours inondée en hiver, et entouré de tous les côtés par les parties élevées de la forêt, qui le mettent à l'abri des vents et des autres influences atmosphériques défavorables.

Il n'y a que 40 ans que le chasselas est cultivé à Thomery; auparavant le village n'existait pas, il n'y avait que quelques maisons isolées. La population actuelle est de mille personnes, et c'est ce petit nombre d'habitants industrieux et habiles qui fournit à Paris presque tout le beau chasselas que l'on y consomme.

Le chasselas de Fontaibleau et de Thomery a toujours la peau mince, le grain gros et sucré; celui de Montreuil-sous-Bois, qui en approche le plus, est plus petit; sa peau en est moins fine, mais il est aussi bon.

A Thomery, le chasselas vient d'aussi bonne qualité dans les terres sablonneuses et rocailleusses que dans les terres franches, ce qui prouve que c'est la situation surtout qui produit sa qualité spéciale et non la terre; la taille paraît y contribuer aussi. C'est le long des murs élevés de 2 mètres 60 centimètres (8 pieds), d'un chaperon avec une saillie de 3 décimètres 6 centimètres (11 pouces), et crépis en mortier blanc, que l'on cultive le chasselas. Il n'y a que cinq ans que l'on donne cette saillie au chaperon; auparavant on ne lui donnait que 2 décimètres (6 pouces). A

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

présent encore, presque tous les murs ont l'ancienne saillie; mais lorsque le raisin est sur le point de mûrir, les cultivateurs font entrer des ardoises entre les tuileaux, et remplacent par là, autant que possible, la nouvelle saillie, pour préserver d'un soleil ardent, lorsqu'il approche de sa maturité. C'est à l'exposition au midi que s'établit la plantation contre les murs du chasselas en treille; là l'exposition à l'est n'est pas moins bonne.

Dix à quinze jours avant de planter la vigne, on laboure la terre auprès du mur à 64 centimètres (2 pieds) de profondeur et à 1 mètre 30 centimètres, ou 1 mètre 60 centimètres (4 ou 5 pieds) de largeur, en observant si la terre était humide de donner un peu de pente au labour pour éloigner du mur les eaux pluviales; mais elle n'est pas humide à Thomery ni à Fontainebleau, et il n'est pas nécessaire de donner une pente en labourant. On ouvre ensuite une tranchée parallèle de deux décimètres 30 centimètres (8 pouces) de profondeur et de 60 centimètres (2 pieds) de largeur; on couche en travers, dans le fond de cette tranchée, les boutures crossettes, la tête tournée vers le mur et à la distance de 4 ou 5 déeimètres (12 à 15 pouces) l'un de l'autre; on les charge de 1 décimètre 3 centimètres (3 à 4 pouces) de terre que l'on presse; on relève l'extrémité des *boutures crossettes;* on remplit ensuite de terre, ou mieux, de terreau mêlé de terre. Au printemps suivant, on les taille à deux yeux et on les soutient de chacune un échalas; à l'autre printemps, on ne conserve que la branche principale, on réforme les autres. On couche cette branche, comme la première année, après avoir retranché les autres; on la taille aussi, au printemps, à deux yeux; la troisiéme année, on est arrivé au mur. En agissant ainsi, la vigne se trouve très enracinée. Par la suite, si les ceps périssent, on les remplace par les mêmes boutures, mais on ne les enterre qu'à 5 ou 6 décimètres (15 à 18 pouces), afin que dès la seconde année on arrive au mur.

On établit un treillage au mur, et au printemps on arrête le premier cep à 2 décimètres (6 pouces) de terre au dessus d'un œil : cet œil et celui qui est plus bas donnent chacun une branche que l'on dirige sur le mur, sous le treillage, en les ployant dou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cement l'une à gauche et l'autre à droite : on les attache avec des liens de paille ou de seigle mouillés : il n'y a que le trou que l'on ne renferme pas sous le treillage. L'expérience a démontré que plus les grappes étaient près du mur, meilleures elles devenaient. Si des grappes naissent et grossissent sous les traverses, on les élève ou abaisse un peu pour qu'elles ne soient plus pressées. Quand le second cep est assez élevé, on l'arrête, mais à 60 centimètres (2 pieds) ; et lorsque les deux autres seront aussi en état d'être arrêtés, on les fixera, le troisième à 1 mètre (3 pieds) et le quatrième à 1 mètre 30 centimètres (4 pieds) ; mais en attendant les progrès jusqu'à la hauteur voulue, on taille ces bourgeons latéraux à un ou deux yeux pour obtenir du fruit. Dès que les deux bras de ce second cep ont été taillés, on réforme les bourgeons, les ceps étant arrivés à leur hauteur et les deux dernières branches étendues aussi pour former leur bras; on finit ainsi la taille telle que le décrit M. Poiteau : « On taillera ces deux bran-
« ches jusqu'à ce qu'elles aient chacune 4 pieds de longueur
« pour ne plus s'allonger ; on taillera, la première année, de
« de manière à obtenir 3 bourgeons placés à la distance de 4 à 6
« pouces l'un de l'autre : deux de ces bourgeons seront conver-
« tis en coursons à la taille suivante ; le troisième, qui est le plus
« éloigné, sera destiné à prolonger le bras. On aura soin, pendant
« l'été, d'attacher verticalement sur le treillage les pousses desti-
« nées à faire des coursons, et d'étendre horizontalement celle
« qui termine la taille et qui est destinée à allonger le cordon.
« A la seconde taille, les deux coursons seront taillés à deux
« yeux, et la branche terminale sera encore taillée de manière
« à ce qu'il en sorte trois bourgeons éloignés de 4 à 6 pouces
« l'un de l'autre ; deux de ces bourgeons seront palissés verticale-
« ment, et le troisième sera étendu horizontalement comme
« l'année précédente, et ainsi de suite, jusqu'à ce que chaque
« bras ait la longueur de 4 pieds : alors la pousse terminale se
« taillera ainsi en courson. Chaque bras doit avoir 8 coursons,
« tous placés du même côté autant que possible. Quand le der-
« nier cep sera aussi parvenu à avoir ces deux bras tous de 4
« pieds chacun, on aura, sur une surface de 8 pieds carrés, 80

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« coursons, qui, étant taillés à deux yeux, donneront chacun « deux branches qui produiront généralement chacune au moins « deux grappes. »

C'est ainsi que pour obtenir plus de fruit l'expérience a démontré à Thomery qu'il ne fallait pas donner plus de 120 centimètres (4 pieds) de chaque côté; autrement, les grappes ne viennent que vers l'extrémité et pas vers le corps de la vigne, en observant que tous les murs situés au midi et à l'est n'occupent que des treilles en chasselas. On n'y voit jamais d'arbres fruitiers; ces derniers se plantent au nord, où se rencontre abondamment la poire d'Angleterre, qui y prospère étonnamment, la pêche de Malte, la crassane, le bon chrétien d'hiver, etc. Il y a six ans qu'ils tirent parti des murs de cette exposition.

Culture de la vigne en hautains. Depuis plusieurs siècles on cultive la vigne en hautains en Italie, sur les côtes d'Afrique, dans l'Asie-Mineure, la Grèce, les îles de l'Archipel, etc. On dit marier la vigne aux arbres, parce que ceux-ci leur servent d'appuis. Les arbres les plus employés à cette culture sont l'*orme champêtre*, le *peuplier noir*, l'*érable à feuilles de frêne*, le *mûrier blanc* et l'*amandier à coques tendres;* les arbres toujours verts et les noyers sont exclus de cette fonction.

On laboure à la charrue, et on plante de jeunes arbres, par lignes parallèles, à 15 mètres (45 pieds) les uns des autres; ces arbres sont sans branches jusqu'à 2 décimètres 6 centimètres (8 pieds) de terre.

Quand les arbres sont repris et enracinés, on fait des fosses à leur pied et on y plante deux boutures en crossettes de 2 ou 3 ans enracinés, auxquelles on n'a laissé que deux sarmens à 60 centimètres ou 1 mètre (2 ou 3 pieds) de l'arbre, mais un peu distans l'un de l'autre : on les couche dans la petite fosse jusqu'au pied des arbres, et on les redresse contre ceux-ci de manière à ce qu'ils soient appuyés contre eux. Magon et Virgile prescrivent de ne pas remplir les fosses entièrement la première année, afin que les racines des vignes pénètrent plus avant dans la terre : ils avaient raison, puisque l'on suit actuellement le même procédé. Si on avait à craindre la dent des bestiaux, il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faudrait engager les ceps. On plante, dans les intervalles, des choux, des navets, de la luzerne, du blé, etc.

On taille la vigne, la première année, à trois yeux et on coupe au milieu de l'entre-nœud; l'année suivante, on taille encore à trois yeux la pousse de l'année, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on soit arrivé aux premières branches des arbres. On dirige alors deux sarmens vers la tête de l'arbre, et les deux autres sont dirigés l'un à droite et l'autre à gauche, au dessous des branches des arbres, pour former des guirlandes qui vont se réunir aux guirlandes des arbres voisins. On attache la vigne avec des liens doux, pour ne pas la blesser en taillant ainsi. On obtient beaucoup de vin, mais il n'est pas de première qualité : si on veut l'avoir le meilleur possible, mais en moindre quantité, on ne laisse que peu de branches à la vigne et on taille plus court, et aussi on dirige davantage la vigne vers le sommet de l'arbre qu'au dessous et dans les branches.

La vigne étant arrivée à la hauteur et aux directions voulues, la taille ne consiste plus qu'à trancher les anciens sarmens qui auront fructifié et à laisser les nouvelles branches, que l'on taillera à deux yeux. On réforme les petites branches et les bourgeons qui quittent les guirlandes chaque année; on délie et on relie la vigne avec du jonc.

On élague, tous les deux ou trois ans, les arbres qui servent de supports à la vigne.

Engrais. Il faut fumer les vignes tous les trois ou quatre ans, et il ne faut employer que des fumiers consommés, ou du terreau qui a servi aux couches, ou, mieux encore, celui-ci mêlé avec du noir animalisé. Les fumiers nouveaux, les boues infectes communiqueraient une partie de leur odeur aux raisins. On peut y ajouter des compots faits avec les gazons, la terre de bruyère, la marne, les coquilles brisées, le marc de raisin, etc. On répand en automne, très menu, ces engrais sur toute la surface de la vigne, dont ils raniment la végétation.

Labour. On laboure à Paris, en novembre et en décembre, toutes les terres des vignes plantées dans les champs, après avoir été et mis en tas les échalas. On se sert de la binette, que l'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait entrer en terre à 1 décimètre (3 pouces) de profondeur, et on déchausse un peu les ceps. La taille étant faite en février et en mars, on laboure une seconde fois, mais profondément et on fait disparaître les monticules ou petits tas de terre. Si la terre est en pente, on la laboure diagonalement, et on fait toujours monter la terre plutôt que de la faire descendre, pour que la partie haute de la vigne conserve toujours la même quantité de terre.

On laboure encore trois fois avec la binette : la première fois avant la floraison, une seconde fois quand les grains sont noués, et une troisième fois lorsque les grappes entrent en maturité; ces binages ont pour but d'extirper les mauvaises herbes, pour que la pluie, les gaz et la lumière pénètrent la terre et l'ameublissent. On ratisse la mousse et l'écorce qui se détachent, surtout dans les pays chauds, avec les *émoussoirs de M. Noisette.*

Échalassement. On échalasse dans le nord et le centre de la France les vignes cultivées dans les champs, et celles non cultivées en treilles dans les jardins. Cette opération se pratique après un binage de printemps ; on enfonce les échalas verticalement, avec un maillet, au pied des ceps, à 1 décimètre 6 centimètres (3 ou 4 pouces), pour rapprocher les sarmens et afin que le vent ne les fasse pas tomber, en observant d'épargner les racines, et de ne point faire tomber les boutons, comme le voulait Columelle.

Floraison. Il ne faut faire aucun travail à la vigne lorsqu'elle est en fleur, pour ne pas troubler le travail de la fécondation : si on labourait la vigne ou qu'on l'arrosât pendant cette époque, une partie ou tout le pollon pourrait être emporté, et il y aurait coulure; c'est pour cela qu'après des pluies et des grands vents, elle a souvent lieu. M. *Oscar Leclerc* conseille de faire en juin une incision pour empêcher la coulure des fleurs en détournant la sève.

Effeuillage ou épamprement. Lorsque le raisin a atteint presque tout son volume, on l'effeuille aussitôt que l'on veut le colorer et développer la maturation. Il faut toujours faire cette opération à plusieurs reprises. On réforme, aux vignes qui sont en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

treilles toutes les feuilles qui touchent les grappes lorsqu'il y en a d'autres un peu plus en avant, qui suffisent pour briser les rayons du soleil, sans les empêcher d'entrer et de donner la couleur aux grappes; l'air circule alors librement, les feuilles qui masquaient les grappes les blessaient et servaient de refuge aux insectes étant enlevées. Les vignerons de Thomery et de Fontainebleau effeuillent avec une grande habileté sans toucher aux raisins.

Il faut, en général, un peu plus effeuiller les vignes placées contre les murs et les coteaux, que celles qui sont à l'ombre ou dans des terres humides, parce qu'ici, dit Bosc (1), elles garantissent les grappes des vents froids et conservent le calorique qui, passant aux grappes, en hâte la maturité. Columelle (2), ne voulait pas que l'on effeuillât en Italie dans les contrées chaudes, et même il recommandait d'ombrager les vignes chargées de grappes, lorsqu'elles sont mûres, avec de la paille, pour que la chaleur ne les dessèchât pas; au lieu qu'il recommandait d'épamprer dans les contrées froides, pour que le raisin mûrît et ne pourrît pas.

Ennemis. Beaucoup d'animaux et d'insectes attaquent la vigne et le raisin; diverses plantes parasites s'y attachent et l'épuisent.

La *pyrale de la vigne.* La larve vit aux dépens de la vigne; elle roule et mange les feuilles, les pétioles et les pédoncules. Cette chenille, dit *Bosc,* est verte, avec une tache jaune de chaque côté du premier anneau, et la tête noire; elle cause beaucoup de dommage aux environs de Paris et ailleurs. *Robergeot* prescrit pour la détruire, lorsqu'elle est métamorphosée en papillon, de faire des feux à l'entrée de la nuit; le papillon s'y porte aussitôt et se brûle. On répète plusieurs fois les feux; ces feux détruisent en même temps les *bombyces*, les *noctuelles*, les *phalènes* et autres insectes, qui se précipitent en grand nombre dans la flamme.

(1) Cours complet d'Agriculture.
(2) Économie rurale, liv. 11, ch. 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'*erineum de la vigne*. Cette plante paraît sur la surface inférieure des feuilles sous forme de taches, d'abord blanches, et ensuite rousses et irrégulières; elles les détruit : le remède est de cueillir les feuilles qui en sont attaquées et de les brûler.

La teigne de la vigne. La larve, nommée ver de la vigne, vit dans le grain de raisin, et va, dit Bosc, de l'un à l'autre en se filant une galerie de soie. Il faut ôter les grains altérés, ainsi que les galeries, et brûler tout.

L'*eumolpe de la vigne, gribouri ou coupe-bourgeon*. Elle mange les bourgeons, roule les feuilles et dépose ses œufs, qui se changent en vers. Il faut enlever les parties attaquées et les brûler.

Le sphinx de la vigne. La larve mange les feuilles; mais elle est rare. Le remède est de cueillir les feuilles et de les brûler.

Les *attelabes* vert et cramoisi. Ces deux insectes, en état de larves, mangent les feuilles, les pétioles et les pédoncules. Il faut cueillir les parties attaquées et les brûler. On appelle aussi ces insectes *urbère, diableau, béche, lisette, velours vert* et *destraux*.

Le *hanneton*. La larve, sous le nom de *ver blanc*, ronge les racines de la vigne et les fait périr. Il faut labourer autour pour trouver le ver. On a observé qu'en semant de la laitue dans le voisinage, le ver quitte la vigne pour se porter vers la laitue.

Les *guêpes* et *les frélons* attaquent le raisin, il faut les tuer en les enfumant avec une torche de paille. On suspend aussi des bouteilles d'eau miellée; ils s'y noient.

Les *hélices* et les *limaces* mangent les feuilles; il faut les ramasser le matin et après la pluie, et les enlever de la vigne.

Beaucoup d'oiseaux mangent le raisin : la grive, l'étourneau, le loriot, la fauvette, etc.; il faut les effrayer avec des épouvantails ou les tuer.

Primeurs. Pour obtenir des primeurs à Paris, du raisin en treille, quinze jours avant la maturité, on fait à la vigne une plaie annulaire lorsque ses grappes sont sur le point de mûrir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient aussi du raisin vingt jours plutôt que celui en treille, en plaçant la vigne dans la serre, ou autre lieu où il ne gèle pas; on fait sortir le cep à travers le mur. A la floraison de la vigne, on fait entrer les petites grappes dans des bouteilles de verre diaphane; les raisins, frappés par le soleil, mûrissent vite : on casse les bouteilles à la maturité. Mais le moyen le plus expéditif est de mettre la serre portative devant le treillage, pour que le soleil luise sur les vitrages et échauffe la vigne : quelquefois aussi on y allume du feu.

Vendange. On reconnaît que le raisin est mûr lorsque le pédoncule est devenu brun, que le grain se détache au moindre toucher, le suc est doux, collant et sucré : on le cueille par un beau temps de soleil; on doit ôter les grains gâtés.

Une douzaine de jours avant la maturité, on en renferme plus ou moins dans des sacs de crin; ils se conservent ainsi jusqu'aux fortes gelées, et les oiseaux ne peuvent les manger.

Conservation. On conserve les raisins cueillis par un temps sec, un peu avant la maturité, dans des caisses de chêne carrées et plombées intérieurement et de grandeurs variables; on les soutient avec des cercles en fer. On place dans le fond une couche de mousse, ensuite une couche de raisins sans les essuyer, à 4 millimètres (2 lignes) les uns des autres; on continue ainsi jusqu'à ce que la caisse soit remplie. On ferme les caisses hermétiquement. Cela terminé, on descend les caisses dans un puits, attachées chacune à une chaîne, et on les laisse là suspendues auprès de l'eau.

Lorsque l'on veut du raisin, on tire à soi la corde; on en prend, on referme la caisse, et on là redescend contre l'eau. Les raisins se conservent jusqu'en février, s'il n'entre pas d'eau dans la caisse.

On conserve aussi le raisin en mettant les grappes sur des claies garnies de paille de blé; on les place à côté les unes des autres, sans les toucher et sans les essuyer. On expose ensuite les claies au soleil, s'il luit; on retourne les grappes, et lorsque l'humidité est dissipée, on place les claies dans la fruiterie.

On réussit également bien en stratifiant dans des tonneaux les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raisins avec du millet desséché, de la mousse sèche et diverses autres substances qui empêchent le contact des grains entre eux et s'opposent aux variations brusques de la température.

Voyez pour complément de cet article, les mots RAISIN et VIN. P.

VIN *(Arts chimiques)*. On désigne en général sous ce nom les sucs de divers fruits, et même d'autres solutions aqueuses de *sucres*, soumises à la fermentation qui donne lieu à la production de l'alcool. Déja nous avons traité dans des articles spéciaux des vins de poires, de pommes, de moût d'orge, et d'autres boissons plus particulièrement connues sous les noms de cidre de poires ou poiré, cidre de pommes, bière, etc. Nous nous occuperons exclusivement ici du produit plus particulièrement connu sous le nom de vin, c'est-à-dire du suc extrait du raisin et soumis à la fermentation *alcoolique*.

Les qualités du vin diffèrent beaucoup suivant une foule de circonstances plus ou moins difficilement appréciables. La température du lieu ou l'exposition aux rayons solaires a surtout une très grande influence ; car l'arôme ou le *bouquet* qui distingue les qualités du vin tient à une huile essentielle, variable, et dont la production plus ou moins abondante paraît dépendre de la température habituelle.

Plusieurs autres conditions ont aussi une influence marquée sur la qualité du vin : ce sont notamment la nature physique du sol, de laquelle dépendent la végétation de la vigne, les proportions d'eau contenues dans le fruit, etc.

Les soins de culture contribuent aussi aux modifications précitées, puisqu'ils peuvent changer utilement la perméabilité du sol, pour l'air, l'eau et les autres agens extérieurs ; les engrais employés ont encore une influence marquée sur la production d'un moût plus ou moins agréable, aqueux ou sucré ; enfin, les différentes variétés des plants de vigne peuvent donner lieu à des productions très diverses : nous apprécierons ce qu'il importe le plus de connaître parmi les agens précités, renvoyant pour de plus amples détails aux articles spéciaux que nous aurons soin d'indiquer.

Température. Dans les contrées méridionales, les vins plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chargés de sucre donnent lieu à une plus abondante production d'*alcool;* ils sont forts et *généreux*, mais leur saveur moins agréable, ou, comme on le dit, leur arôme moins *fin* leur donne une valeur moindre que celle des vins plus légers, mais aussi plus agréable. Pour diminuer l'influence défavorable d'une température habituellement trop élevée, on cultive en plaine et on laisse les ceps assez élevés pour que le raisin se ressente moins de la chaleur du sol. Dans le même but, on peut cultiver la vigne enlacée dans des arbres. On prend d'ailleurs des précautions particulières dans la fabrication du vin; nous les indiquerons plus loin.

Dans les climats tempérés où la température habituelle est peu élevée sans être trop basse, on récolte les vins les plus délicats; là ce sont généralement le coteaux les mieux insolés, ceux qui reçoivent sans interruption les rayons solaires du sud-est, du sud et jusqu'au sud-ouest, qui donnent les meilleurs produits; tels sont ceux que l'on récolte sur les bons crus, et pour les expositions convenables de la Côte-d'Or; les vins fins de ce département s'obtiennent même exclusivement sur les coteaux précités, loin des marais, des forêts et des rivières. Les plaines du même pays, quoique présentant un sol semblable ou fort analogue, sont loin de produire des vins d'un bouquet aussi agréable. L'influence de la température est enfin beaucoup plus sensible encore dans les contrées un peu plus septentrionales, où quelques degrés d'abaissement du thermomètre s'opposent invinciblement à la production d'un vin généreux et d'un arôme agréable.

Les terrains qui en général conviennent le mieux à la culture de la vigne sont légers, facilement perméables à l'air; à l'aide des labours et des binages, la couche végétale, capable de retenir suffisamment l'eau et les gaz, doit toutefois reposer sur un fond sableux plus absorbant, qui laisse infiltrer l'excès des eaux pluviales : on remarque d'ailleurs de très bons crus sur des sols d'une composition ou d'une origine toute différente : c'est ainsi que les terres calcaires présentant les débris de roches poreuses et des coquillages, donnent les vins si estimés de la Côte-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'Or; que le terrain granitique forme la base du sol où l'on récolte les vins de l'Hermitage; que les terres siliceuses entremêlées de cailloux, sont plantées de vignes, qui fournissent les vins renommés de Château-Neuf, de La Ferté, et de la Gaude; que les terrains schisteux donnent aussi un vin très estimé, dit de la Malgue; ainsi donc, sur des terres d'une composition chimique différente, mais présentant les qualités physiques convenables, on peut obtenir des vins d'un bouquet agréable et très estimé, tandis que, pour un sol d'une composition chimique et d'une qualité physique sensiblement les mêmes, la qualité du vin peut varier considérablement avec l'exposition. Nous citerons un exemple frappant de ses effets: sur le coteau où l'on obtient les vins de Montrachet, toute la portion bien insolée donne, vers le sommet, le vin désigné sous le nom de *Chevalier Montrachet*. Dans cette situation trop élevée, le produit est moins estimé que celui obtenu immédiatement au dessous et dans toute la région moyenne, vin délicat, que l'on désigne par l'épithète de *Vrai Montrachet*, et qui se vend de beaucoup plus cher. Au dessous de cette partie moyenne et dans toute l'étendue des plaines contiguës ou voisines, les vignes donnent un produit d'une qualité fort inférieure appelée *Montrachet bâtard*; enfin tout le revers du même coteau donne un vin de qualité inférieure. Les mêmes différences plus ou moins tranchées s'observent relativement aux crus renommés de *Pomard*, *Volnay*, *Baune*, *Nuits*, *Vougeot*, *Chambertin*, *Romanée*, etc., partout on reconnaît que le revers des coteaux, leur crête et la plaine, quoique généralement d'un même terrain, donnent des vins d'une qualité inférieure ou *ordinaire*.

Amendemens. Lorsque le sol où l'on cultive la vigne est trop léger ou trop compacte, on peut modifier utilement ces qualités du terrain entre certaines limites, soit, dans le premier cas, en ajoutant chaque année une dose suffisante de terre argileuse plus ou moins plastique; dans le second cas, en répandant sur le sol des substances très perméables, telles que des sables ou terres sableuses ou des cendres. La marne convient dans presque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les terres qui ne contiennent point assez de carbonate de chaux ; cette substance peut même servir à diviser soit les terres argileuses extrêmement compactes, soit les terres sableuses très légères, car elle tient le milieu entre elles et jouit de la propriété de se *pulvériser* spontanément par une dessication prompte.

Engrais. Pour la vigne comme pour toutes les plantes cultivées, les engrais qui complètent sur le sol l'aliment azoté, peuvent assurer ou augmenter les récoltes, toutes autres circonstances étant favorables d'ailleurs. Cependant pour la vigne, plus encore que pour la plupart des autres végétaux en culture, il importe de n'employer que des engrais dont la décomposition spontanée soit assez lente pour ne point fournir cet excès de matière putréfiable, dont l'odeur repoussante se transmettrait alors aux produits de la végétation. C'est ainsi qu'aux environs des grandes villes, on a remarqué, comme dans la banlieue de Paris et près d'Argenteuil, des vignes abondamment fumées avec des boues infectes, dont le fruit se ressentait évidemment de l'odeur désagréable de ces fumiers. Les engrais qui sont exempts de ces inconvéniens peuvent toutefois être plus ou moins riches en matière animale ; il suffit que celle-ci se trouve dans des conditions telles que sa décomposition spontanée soit assez ralentie pour ne point exhaler d'odeur forte et repoussante ; cette condition se réalise dans les chiffons de laine et de soie, les rapures de corne, la chair musculaire, ou le sang desséché et mis en poudre, puis mélangé avec quelques centièmes d'un charbon pulvérisé très fin et désinfectant. L'engrais connu sous le nom de *noir animalisé* réunit encore évidemment les conditions utiles d'une division poussée très loin, d'une grande richesse en matières animales et d'une désinfection qui ralentit et prolonge les effets de la décomposition spontanée. Le dosage de ces différens engrais peut varier depuis un cinquième de litre jusqu'à un demi-litre par pied de vigne, chaque année ou tous les deux ans, suivant que le sol est plus ou moins appauvri.

Un excès d'engrais aurait encore l'inconvénient, dans les années humides, de rendre le raisin beaucoup trop aqueux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Culture. On opère les labours dans les vignes en même temps que l'on en fournit les engrais, vers le mois de mars; on taille ensuite, puis on s'occupe de la plantation des échalas. Lorsque la faiblesse du sarment rend cette dernière pratique utile, on sait que, dans quelques contrées méridionales, les pieds de vigne maintenus à une certaine élévation acquièrent des dimensions et une force suffisante pour se soutenir seuls.

Il est convenable d'imprégner l'extrémité des échalas de goudron, de bitume ou d'acide pyroligneux avant de les implanter en terre; à défaut de ces agens conservateurs, on charbonne la superficie du bois, afin d'entraver la marche de la pourriture humide.

Après la plantation des échalas, on rechausse les pieds de vigne en remontant la terre que les eaux pluviales auraient entraînée dans le sens de la pente naturelle. Les principaux soins du vignoble consistent ensuite en binages, pour détruire les mauvaises herbes et aérer le sol dans le mois de mai et de juin, et quelquefois même en août.

Variétés. Les vignerons connaissent assez bien à l'apparence du bois les variétés de la vigne que l'on cultive de préférence dans chaque localité, et dont le nombre dans tous les vignobles réunis est fort considérable : aussi serait-il impossible de donner une description exacte, et désigner par des noms spéciaux, des variétés aussi nombreuses; nous nous bornerons donc à faire connaître, sous les noms vulgaires et avec leurs caractères spéciaux, les principales variétés de nos meilleurs crus. Relativement aux vins rouges, on distingue surtout les trois suivantes :

1°. Le *noirien*, appelé aussi *pineau*, *auvernat;* c'est l'un des meilleurs plants; son sarment est menu et court; lorsque le bois est bien mûr, il est d'un brun rougeâtre; le raisin qu'il porte se présente en grains arrondis, peu serrés, à peau mince, d'une nuance peu foncée; son jus est fluide et sucré : dans la Côte-d'Or, il donne sur une certaine exposition le vin de Volnay, et au Cap, il fournit le vin de Constance.

2°. Le *beurot*, désigné communément aussi sous les noms de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pineau gris, muscadet, etc., offre un bois plus délié encore; les feuilles sont également plus petites; les grains de son raisin sont d'une couleur grisâtre; leur tissu, plus serré, plus constitué, donne un jus peu abondant, mais d'un goût fort agréable; mêlé dans la proportion d'un dixième environ avec le raisin *noir*, il donne au vin un bouquet plus fin: on le cultive en grand, surtout dans le département de l'Aube, pour cette destination.

3°. Le *gamay,* qui porte le nom d'un hameau, d'où on le cultivait anciennement, présente de gros sarmens d'un tissu plus lâche; les feuilles larges sont duveteuses par-dessous, les grains de son raisin sont volumineux, arrondis serrés, leur base est verdâtre et leur jus fort abondant. Ce plant convient surtout aux plaines; son produit est de cinq à dix fois plus considérable que celui du noirien cultivé sur les coteaux; il s'élève de 50 à 120 hectolitres par hectare; dans les années chaudes, il donne du vin ordinaire de bonne qualité; son produit considérable rend souvent la culture plus profitable que celle des plants à vins fins.

Les variétés de plants à vins blancs sont analogues aux précédentes : on les désigne sous les six dénominations suivantes :

1°. *Pineau*, appelé aussi *chardonet* et *cardenet* : cultivé en grand sur le territoire des communes de Pusigny, Mursaut et *Montrachet;* il donne notamment les trois qualités des vins connus sous ce dernier nom, et dont nous avons parlé plus haut. Sa tige est grêle, d'une nuance pâle, présentant des lignes rougeâtres; ses feuilles sont petites, d'un vert pâle; le raisin qu'il porte a des grains petits, jaunâtres, d'une saveur aromatique agréable; il produit peu; le vin du meilleur crû vaut, terme moyen au moment de la récolte, 500 fr. la barrique contenant 228 litres.

2°. L'*alligotet*, variété peu estimée; toute la récolte est sujette à manquer par l'influence des pluies et des gelées : son bois est gros; les grains de son raisin sont allongés, jaunâtres; ils présentent une tache brune à leur base.

3°. Le *gamay* blanc : c'est un plan vigoureux, dont le bois, d'un vert jaunâtre, présente des raies rouges; ses feuilles sont larges; les grains de son raisin, volumineux et verdâtres, don-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nent un jus abondant et un vin d'une qualité commune. Cette variété, dont la culture est avantageuse dans les plaines, donne lieu aux mêmes observations que celles ci-dessus détaillées, et relatives à la variété correspondante portant un raisin noir.

4°. Le *melon*. Ce plan, fort analogue au précédent, produit plus encore, convient aux plaines, et donne un vin d'une qualité plus commune.

5°. Le plant d'*Arbois* se distingue par des pampres allongés que l'on coupe deux ou trois fois pendant une saison : les grains de son raisin sont gros et d'une forme ovoïde ; ils donnent un jus aromatique, âpre, et un vin doux et agréable. On emploie ce dernier pour l'ajouter en petites proportions dans les cuvées et leur donner un bouquet de fantaisie assez agréable. Le vin d'Arbois que l'on boit de préférence, encore doux, tient quelquefois alors en suspens assez de principes fermentescibles pour donner lieu à de légères indispositions, qui parfois en ont fait proscrire l'usage. Il convient donc d'éviter de boire ce vin lorsqu'il est encore trouble ; tous les vins d'ailleurs, dans cet état, sont en général plus ou moins purgatifs.

6°. Le *muscat* ou *malaga*, qui se cultive plus généralement en treilles, porte un raisin dont la saveur particulière et aromatique est très facile à reconnaître. On en obtient, dans la Côte-d'Or, une sorte de vin de fantaisie ; dans le midi, il donne un vin très doux que l'on consomme comme une sorte de liqueur, et qui fait l'objet d'un commerce assez considérable.

Le produit des vignobles est en général sujet à divers accidens. Les pluies, les brouillards, les temps froids et humides, déterminent assez ordinairement la coulure de la fleur, l'avortement du fruit. On a recommandé, contre cet accident, l'emploi de l'incision annulaire. La fleur de la vigne est encore altérée par les effets de la gelée, et sujette à la brûlure sous l'influence d'une insolation brusque. Les larves des hannetons, appelés *vers blancs*, attaquent sous terre les racines, et notamment les radicelles et leurs *spongioles*. Ils font, en certaines années, périr un grand nombre de pieds de vigne. La seule précaution que l'on puisse jusqu'ici indiquer contre ce fléau consiste dans la destruction

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi générale que possible des hannetons. Divers autres insectes attaquent les racines et les tiges de la vigne. Les soins ordinaires de la culture diminuent les effets de ces altérations, et ont un succès bien plus certain contre l'envahissement de petits champignons et d'autres plantes parasites ; mais ils s'appliquent surtout à la destruction, aussi prompte que cela est utile, des mauvaises herbes. Nous n'insisterons pas davantage sur ces détails que l'on trouvera consignés dans les divers traités d'agriculture. Nous nous occuperons maintenant à décrire les travaux de la récolte du raisin, de l'extraction du suc, de sa fermentation, de la conservation du vin, et des altérations que l'on désigne sous le nom de maladies des vins.

La vendange, dans les provinces tempérées, a généralement lieu vers la fin de septembre ; son produit est en général de qualité inférieure toutes les fois que la maturité du fruit ne permet pas de faire la récolte avant le 15 ou le 20 octobre : non seulement le moût obtenu est alors plus acide et moins sucré ; mais la température atmosphérique, en général trop basse, surtout durant les nuits, s'oppose aux progrès réguliers de la fermentation. Cette dernière circonstance doit engager à clorre les halles où s'opère la fabrication du vin, afin d'éviter les changements brusques de température, et tout en ménageant d'ailleurs des moyens de ventilation qui permettent d'expulser l'acide carbonique et d'empêcher les asphyxies que ce gaz occasionne trop souvent encore.

On choisit, autant que possible, un temps sec pour faire la vendange, lors même qu'il faut à cet effet différer de quelques jours après la maturité du raisin.

L'expérience a démontré que c'était une économie mal entendue que de donner aux vendangeurs, comme on le faisait généralement naguère, une nourriture tout-à-fait insuffisante. L'énorme consommation de raisin qu'ils faisaient alors, et le peu de travail que permettait l'affaiblissement de leurs forces, occasionnaient aux propriétaires un préjudice très notable, en même temps qu'ils affaiblissaient les travailleurs.

On récolte en général le raisin dans des paniers en osier, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on le transporte à dos d'homme dans des hottes, assez serrées pour que le jus ne s'en écoule pas. On le verse immédiatement dans des cuves plus ou moins grandes, et l'on procède au foulage dès que la cuve renferme une couche épaisse de 35 à 40 centimètres. Cette opération se fait généralement encore par des hommes qui trépignent le raisin avec leurs pieds, et se répète plusieurs fois, d'abord au fur et à mesure que la cuve s'emplit, et ensuite lorsque la macération et un premier mouvement de fermentation ont affaibli la consistance de la peau et du tissu intérieur du raisin. Il serait avantageux d'écraser le raisin plus uniformément à l'aide d'un procédé mécanique; on permettrait ainsi à presque toutes les parties du jus de sortir à la fois, et pour le vin rouge de réagir plus également et plus long-temps sur la matière colorante adhérente à la pellicule. Il en résulte un autre avantage relativement à la fabrication du vin blanc; nous l'indiquerons plus loin.

Le seul écueil à éviter dans un écrasage mécanique du raisin tiendrait au broyage des rafles et des pépins, ce qui pourrait être avantageux relativement à des moûts trop fades et sucrés; mais en général cela donnerait au liquide une saveur trop acerbe, et quelquefois une proportion trop forte de tannin. On parviendrait sans doute à éviter cet inconvénient à l'aide de cylindres unis ou cannelés, mais assez peu rapprochés pour que les grains plus volumineux fussent seuls rompus sans que les rafles et les pépins fussent sensiblement attaqués, la macération et le premier degré de fermentation suffisant d'ailleurs pour finir de désagréger le tissu lâche des grains de raisins seulement entr'ouverts.

On peut d'ailleurs réunir plusieurs des conditions utiles précitées en écrasant la vendange dans des baquets, et versant ceux-ci successivement dans la cuve; on conçoit qu'alors un bien plus petit nombre de grains échappent, que la macération et la fermentation sont plus simultanées.

Lorsque tout le raisin foulé est réuni dans la cuve, et que la macération, ainsi qu'un premier degré de fermentation, ont désagrégé les cellules qui renferment le suc, celui-ci réagit par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son acidité sur la matière colorante adhérente aux enveloppes du raisin ; une portion du tannin que renferment les pépins et les rafles se dissout aussi sous les mêmes influences. On peut laisser la fermentation continuer ses progrès sans autre précaution que celle qui consiste à faire replonger de temps à autre la couche supérieure composée de pellicules et rafles que l'acide carbonique amène à la surface. Cette opération a pour but d'empêcher les portions du jus. Ainsi exposées par une grande surface à l'action de l'air de passer à l'état trop acide et d'altérer ainsi toute la masse liquide, on a proposé, dans le même but, d'empêcher tous les corps flottans de surnager en les tenant immergés au moyen d'un grillage en bois fixé horizontalement dans la cuve après qu'elle est remplie, et plongeant de quelques pouces au dessous du niveau du liquide.

Cette disposition laisse encore un accès et une action trop facile à l'air atmosphérique, ainsi qu'aux influences des variations de la température.

On a remarqué, par exemple, que, dans les halles ouvertes, et lorsque la superficie du liquide est tout entière en contact avec l'air atmosphérique, les progrès de la fermentation sont très variables : tantôt par un temps chaud, et lorsque le moût est à une densité de 10 à 12 degrés, la fermentation se termine en 24 ou 36 heures, tandis que par un temps froid elle est ralentie au point de durer 8 à 10 jours; dans ce dernier cas, une déperdition assez considérable a lieu; le vin s'altère et devient trop acide. Ces circonstances sont également nuisibles aux vins faibles qui éprouvent même plus fortement les altérations précitées, et aux vins forts qui restent trop long-temps troubles et sucrés.

La précaution que nous avons recommandée précédemment de tenir les cuves dans des celliers bien clos peut-être très utilement complétée par la fermenture des cuves elles-mêmes; à cet effet, un rebord intérieur reçoit un fond divisé en trois ou quatre parties, et dont les joints, assez serrés d'ailleurs, sont recouverts avec un enduit argileux. Afin de reconnaître les progrès de la fermentation, on peut adapter un tube en fer-blanc recourbé à angle droit, et formant la seule issue à la sortie du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz : on reconnaît que celui-ci sort en plus ou moins grande abondance, ou même cesse presque entièrement de se dégager, par l'impression qu'il produit sur la flamme d'une bougie que l'on en approche à dessein. (*V.* Pl. 90, fig. 9.)

Un autre moyen qui permet de juger de l'activité de la fermentation, et empêche le contact de l'air lorsqu'elle est finie, consiste à placer dans le couvercle un tube doublement recourbé, et dont la branche extérieure plonge de quelques lignes dans un vase rempli d'eau : le mouvement plus ou moins rapide des bulles qui traversent ce liquide indique l'état de la fermentation ; on conçoit d'ailleurs que l'air ne puisse rentrer tant que l'orifice du tube est couvert d'une légère couche d'eau (la fig 10 montre cette disposition faite sur une cuve en fermentation), et mieux encore si un renflement au milieu de la deuxième branche empêche le passage de l'eau dans la cuve lorsqu'il y a absorption, ainsi que l'indiquent les figures 11 et 12, présentant ce petit appareil dans de plus grandes dimensions.

On peut enfin réaliser plus facilement encore les conditions favorables précitées à l'aide d'un ustensile désigné sous le nom de bonde hydraulique, et que M. Sébille Auger a introduit avec succès dans la fabrication des vins du département de Maine-et-Loire. La fig. 13, pl. 90, des Arts chimiques, représente cette bonde, et la même figure la montre adaptée aux tonnes qui renferment le vin soutiré. (*Voir* les détails descriptifs, p. 304.)

J'avais précédemment indiqué un petit ustensile décrit dans le premier numéro de la première année du Journal de Chimie médicale, et dénommé double tube de sûreté. Il est indiqué fig. 14 ; il se compose de deux boules en verre A B, soufflées à la lampe, communiquant ensemble à la partie inférieure par le siphon renversé A C B, et à la partie supérieure, l'une A avec le tonneau, cuve ou flacon contenant le liquide en fermentation, par le tube A D E F ; l'autre, avec l'air extérieur, par le tube B, G, H. Terminé en entonnoir, on verse par celui-ci un peu d'eau, en sorte que les deux boules soient au quart pleines.

On voit que si la pression intérieure augmente, le liquide de la boule A, plus pressé que celui de la boule B, reflue dans celle-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ci, puis laisse passage aux gaz de la fermentation, et réciproment; si une absorption a lieu, l'air extérieur presse sur le liquide de la boule B, le fait refluer dans la boule A, et rentre dans le vase en traversant cette dernière; enfin, lorsque l'équilibre se rétablit, l'eau, toujours retenue dans les deux boules ou entre elles, ferme hermétiquement la communication.

Voulant rendre cet appareil moins fragile et le moins volumineux possible en le renfermant dans une seule enveloppe, j'imaginai d'en produire tous les effets au moyen d'une bonde creuse en fer-blanc, cuivre ou étain. La fig. 15 représente cet ustensile par une coupe dans l'axe : on voit que la bonde est séparée en deux capacités A B, au moyen du diaphragme C D; ce dernier étant moins long que la bonde laisse à sa partie inférieure un passage libre de quelques lignes de hauteur; un tube E F, ouvert des deux bouts, établit une communication libre entre l'intérieur du tonneau ou de la cuve et la partie supérieure de la capacité A; une ouverture G à la partie supérieure de la capacité B met celle-ci en communication avec l'air extérieur, et l'on conçoit que la bonde, contenant de l'eau au quart de sa hauteur, les gaz de l'intérieur du vase qu'elle bouche, de même que l'air extérieur, ne peuvent passer sans vaincre la résistance de l'eau refluée d'une capacité dans l'autre.

On peut d'ailleurs faire paraître à l'extérieur chacun de ces deux effets à l'aide d'un flotteur en liége, surmonté d'une tige. *V.* fig. 16. Enfin, on adapte très facilement cette bonde à toutes les ouvertures en la faisant entrer d'abord dans une grande bonde en liége, ainsi que le fait voir la fig 16 précitée, par deux coupes, l'une verticale et l'autre horizontale.

Un avantage de cette bonde hydraulique que les autres n'offrent pas, c'est qu'elle peut être posée non seulement sur les cuves et tonneaux isolés, mais même sur les tonneaux qui en supportent d'autres engerbés; elle peut, en effet, être assez courte pour dépasser à peine ou point du tout les cerceaux de la pièce, ainsi que le montre la fig. 17. (On trouve chez M. Collardeau cette bonde, ainsi que l'emporte-pièce utile pour la fixer dans les broches en liége, et les divers autres ustensiles dont nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parlerons plus loin, pour les transvasemens et les essais des vins.

Une autre bonde à fermeture, plus simple encore de construction, a été indiquée par M. Boudot d'Angers; elle consite en une bonde ordinaire. (*V.* fig. 18.) Creusée à la partie supérieure en segment A, au fond duquel un canal cylindrique B communique avec l'intérieur du vase, on pose dans le creux supérieur une balle C sphérique qui vient boucher librement l'orifice du canal B, et le déplace légèrement lorsque les gaz intérieurs pressent pour s'échapper. On voit d'ailleurs que ce mode de fermeture est moins exact que les précédens; mais il est préférable à divers moyens grossiers, tels que des feuilles de vigne ou linges maintenus par un caillou ou un fragment de brique.

De quelque manière que la fermentation ait été dirigée, lorsqu'elle a cessé d'être tumultueuse, que le vin n'est plus sensiblement sucré ni trouble, on procède au soutirage. Assez ordinairement cette opération se pratique en enfonçant une manne en osier peu serré dans la cuve, et puisant le liquide qui afflue constamment dans cette manne, à l'aide de seaux que l'on porte aussitôt dans des tonneaux munis d'un large entonnoir. Il vaut bien mieux adapter une grosse cannelle près du fond de la cuve; puis à l'aide d'un tuyau en cuir, on dirige le liquide soutiré dans des tonneaux rangés de manière à ce que leur bonde se trouve de quelques pouces au dessous du niveau de la cannelle.

Lorsque l'on a soutiré tout le vin qui peut ainsi s'écouler spontanément, on porte dans des paniers en osier serré, imperméable au liquide, tout le marc au *pressoir* (*V.* ce mot); le liquide qui s'écoule le premier avant que la pression ne soit fortement exercée, et désigné sous le nom de mère-goutte, est réparti également entre les fûts qui contiennent le vin soutiré; il convient même d'y ajouter aussi, et par portions égales, tout le vin exprimé sous une forte pression; ce dernier est plus coloré, plus acerbe; il contribue à éclaircir et faire conserver le vin soutiré. On obtient ainsi une qualité moyenne, mais on pourrait fractionner les produits successifs de l'expression; les premiers seuls qui s'écoulent rapidement et en quelques heures seraient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réunis à toute la masse du vin soutiré, tandis que ceux obtenus plus lentement, plus altérés par les principes extraits des pépins et des rafles, comme par le contact prolongé de l'air atmosphérique, donneraient un vin d'une qualité inférieure.

On a proposé d'éviter le goût acerbe des rafles en égrappant au fur et à mesure de la récolte; mais l'expérience a démontré que le vin n'est pas sensiblement plus agréable, sauf celui de la dernière expression, et que cette précaution ne convient évidemment que pour les raisins dont la plupart des grains ont manqué par suite de la coulure. Alors, en effet, la proportion des rafles étant beaucoup plus considérable qu'à l'ordinaire, leur goût acerbe dominerait et rendrait le vin peu agréable.

Dans les contrées méridionales, le moût trop riche en matière sucrée pour que la fermentation marche rapidement, est assez souvent long-temps trouble et trop doux. On peut parer à cet inconvénient en entretenant la température à 15 ou 18 degrés, soit à l'aide d'un calorifère placé dans le cellier, soit en faisant circuler dans les citernes ou dans les foudres qui contiennent le vin en FERMENTATION, le tube d'un calorifère à circulation d'eau. (*Voyez* le mot et l'article INCUBATION ARTIFICIELLE, et à la fin de cet article la description des appareils de ce genre appliqués à une citerne où le vin fermente.)

Dans les contrées septentrionales ou dans les saisons pendant lesquelles la température est habituellement trop basse pour que la maturation du raisin ait produit une proportion suffisante de sucre, on obtient un vin trop léger et qui passe rapidement à l'acide. Pour éviter cet inconvénient, il convient de rapprocher à moitié, au deux tiers de son volume, une partie du moût trop faible. On augmente ainsi sa densité et la proportion de matière sucrée fermentescible, ainsi que celle de l'alcool qui en résulte, et dont la présence augmente la force du vin et assure la conservation. On conçoit d'ailleurs que la portion de moût non soumise à l'action de la chaleur retient une quantité suffisante de ferment pour développer la réaction spontanée que l'on nomme fermentation. (*Voyez* ce mot.) C'est même un des effets utiles de l'ébullition d'une partie du moût que la séparation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une matière azotée désignée sous le nom d'albumine, qui aurait augmenté la proportion du ferment toujours trop considérable dans les moûts trop faibles.

Le rapprochement du suc de raisin doit s'effectuer le plus rapidement possible, afin d'éviter l'altération plus grande qu'il éprouverait sous l'influence de l'action prolongée de la température. Les chaudières à bascule, et mieux encore les appareils évaporatoires de Brame Chevallier, de Roth et de Taylor, sont très convenables pour ces évaporations rapides. (*Voyez* l'article SUCRE, dans le lequel on a donné leur description.)

Lorsqu'on ne peut avoir recours au rapprochement pour augmenter la force du moût, il convient d'ajouter trois, quatre ou cinq centièmes de sucre avant que la fermentation n'ait fait des progrès sensibles, c'est-à-dire immédiatement après le soutirage.

Nous indiquerons maintenant les principes immédiats qui se trouvent en présence lorsque les grains de raisin ont été écrasés, et les réactions qui se passent par suite de leur contact : le jus du raisin contient généralement de l'eau, du sucre, de l'acide pectique et malique, du bitartrate de potasse, du tartrate de chaux, du chlorure de sodium, du sulfate de potasse, de la matière colorante, du tannin, une substance azotée appelée albumine ou gliadine et qui parait produire le ferment, d'une huile essentielle dans laquelle réside l'arôme du vin, d'une matière grasse fixe, de ligneux très divisé, débris du tissu végétal, et de quelques autres matières en suspension. La matière colorante située sous la peau du raisin se dissout peu à peu dans l'eau à la faveur de l'excès d'acide : le sucre, sous l'influence de l'eau, du ferment et de la chaleur, se convertit en acide carbonique et en alcool ; une petite proportion d'hydrogène, en s'unissant à l'azote du ferment, produit des traces d'ammoniaque ; peu à peu la viscosité du liquide diminue soit par précipitation de la matière azotée sous l'influence du tannin, soit par la séparation de l'acide pectique que l'alcool détermine. Nous verrons plus loin comment à l'aide de la gélatine ou de l'albumine animales, on achève la clarification des vins qui retiennent un excès suffisant de tannin, et comment, avec l'ichthyocolle, on obtient un effet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

analogue sur les vins qui retiennent au contraire un excès de ferment.

Après les réactions précitées, le vin contient de l'eau, de l'alcool, de la matière colorante, un arôme particulier et toutes les substances solubles qui renfermait le jus, moins celles dont nous avons indiqué la précipitation.

La proportion d'alcool importe souvent à connaître, et notamment toutes les fois que le vin est destiné à la distillation. En général les vins de Bourgogne des bons crus contiennent de 16 à 18 centièmes d'alcool; celui qu'on obtient du gamay récolté dans les plaines, 11 à 14 centièmes; enfin, les vins du midi en renferment de 20 à 25 pour cent également à 22 degrés de l'aréomètre Cartier. On détermine ces proportions soit dans les transactions commerciales, soit dans les opérations d'une fabrique, à l'aide de petits *appareils d'essais* désignés sous les noms d'alambics et alcoomètres, et décrits à la fin de cet article.

Les vins fins et généralement tous les vins destinés à être bus ne peuvent être appréciés que par la dégustation, et, à cet égard, il serait impossible d'établir aucune règle fixe; on peut s'étonner cependant de l'accord singulier qui a lieu entre les appréciations de qualités si diverses par les hommes habitués à ces sortes de dégustations; on les voit souvent distinguer, sans hésiter, non seulement les vins des divers crus, mais encore ceux des différentes années, et quelque fois même leur mélange en certaines proportions.

Parmi les crus si renommés de la Bourgogne, on distingue principalement : 1° *les têtes de cuvées*, de Chambertin, clos de Bise, de Vougeot, de Romanée et de Richebourg; 2° la qualité immédiatement au dessous des mêmes vins, et qu'on appelle premières cuvées; 3° la troisième qualité, désignée sous le nom de *bonnes cuvées;* 4° *les cuvées rondes :* ces deux dernières proviennent ordinairement du plan noirien cultivé sur les crêtes et les bas des côtes; 5° *le passe-tout-grain* et le *bon ordinaire* qui proviennent du mélange des noirien et gamay; 6° enfin, les *arrière-côtes* que l'on obtient de la récolte sur les revers des côtes, et dont la qualité n'est bonne que dans les années chaudes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vins blancs. Dans un grand nombre de crus, les vignobles sont pour la plus grande partie consacrés à la production des vins blancs ; parmi ces derniers, les vins légers exigent le plus de soins dans leur confection : aussi insisterons-nous davantage sur cette sorte de vins, qui d'ailleurs ont le plus d'importance relativement aux quantités que l'on en consomme.

On peut diviser les vins blancs de ces localités en deux grandes classes : vins pour la mer, ce sont les meilleurs, et vins pour Paris, ce sont ceux de seconde qualité. Ces derniers proviennent, notamment dans le département de Maine-et-Loire où l'on en fait de grandes quantités, des vignes taillées à long bois (à 6 ou 8 nœuds), tandis que, pour les premiers, presque toutes les vignes sont taillées à court bois (à 1 ou 2 nœuds).

La dénomination de *vins pour Paris* (1) a été donnée à ceux de deuxième classe, parce qu'ils sont en grande partie achetés par les Parisiens. Presque tous les vins blancs de Maine-et-Loire qui vont à Paris y sont employés à faire des vins rouges, au moyen de leurs mélanges ou *cuvées* avec des vins du midi.

Nos vins de première classe ont reçu le nom de vins pour la mer, parce qu'ils sont souvent achetés par des négocians de la Hollande, de la Belgique, de l'Angleterre, etc., qui les embarquent dans les ports où leurs prix sont le plus avantageux.

Dans les climats tempérés de la France, il faut, pour avoir de bon vin, que la floraison de la vigne ait lieu de bonne heure, par exemple, avant la fin de juin ; qu'elle se passe par un beau temps et surtout sans froid ni pluie ; qu'elle ne dure pas plus de quinze jours et se termine partout en même temps dans le vignoble, afin de ne produire que des raisins du même âge. A l'époque où le raisin *verjus* est prêt à *tourner,* vers le 15 d'août, il est utile qu'il survienne quelques pluies, mais pas assez pour tremper profondément la terre : car alors la vigne, ayant le pied humide, continuerait à pousser, et la nourriture qu'elle puise dans la terre, au lieu de se porter au raisin, se porterait

(1) Ils valent, dans le département précité, 10 à 12 fr. l'hectolitre. Ceux de première qualité se vendent 60 fr., y compris la futaille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur le bois. A quelques jours de pluie, il est donc à désirer qu'il succède de la chaleur et même un peu de sécheresse: car, pour que le principe sucré se développe bien, il faut que la végétation diminue, et même que le bois souffre. Le vin est rarement bon quand le raisin n'est pas mûr vers le 15 d'octobre.

Si au contraire le froid et les pluies surprennent le raisin avant sa maturité, il pourrit vert; on n'obtient qu'un moût plat et acide, plutôt fade que doux; le peu de sucre qu'il contient étant décomposé en totalité par une fermentation très active, il ne reste point de douceur au vin; il y a trop peu d'alcool formé, et l'absence de spiritueux et de tannin rend le vin sujet à plusieurs maladies, et surtout à la *graisse*. C'est le vin de ces mauvaises années qu'il faut améliorer en tâchant de rétablir la proportion des principes utiles, et en enlevant ceux qui ne peuvent qu'être nuisibles.

On sait que quelques raisins verts suffisent pour nuire sensiblement à la qualité d'une pièce de vin. Il faut donc, si on tient à la qualité, faire un choix dans la vigne, ne prendre dans une première tournée que les raisins bien mûrs, et laisser pour une seconde récolte ceux qui sont verts et qui feront du vin inférieur qu'on appelle vin de *tri*. Il est même avantageux de laisser quelques jours sur le cep le raisin après qu'il est mûr; il éprouve alors une seconde maturation qu'on peut comparer à celle qu'acquièrent les fruits dans un fruitier. Cette seconde maturité achève le développement du principe sucré; aussi dans les environs de Saumur est-on dans l'usage d'attendre pour vendanger que la pellicule du raisin se décompose et soit déja sphacelée. Dans d'autres pays, on cueille le raisin aussitôt qu'il est mûr, mais on le laisse avant de le pressurer quatre ou cinq jours étendu sur des claies ou sur un plancher, où il devient sensiblement plus sucré.

En général, on pressure le soir toute la vendange du jour, et l'on reçoit le moût qui en vient dans des cuves séparées, où il reste en repos. Au bout de six à huit heures ordinairement, si la température dépasse 8 à 14° Réaumur, et si les raisins n'ont pas été rentrés trop froids, il se forme à la surface une écume

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui augmente successivement d'épaisseur et contient une partie du ferment ou de l'albumine et des corps légers en suspension : on attend qu'elle ait acquis assez de consistance pour se fendre en diverses places ; on l'enlève alors avec une écumoire, puis on la met égoutter sur des tamis ou sur une toile tendue, afin d'en extraire une partie du moût qu'elle retient encore. Quelques heures après, il se forme une nouvelle couche qu'on enlève de même, et souvent il peut s'en produire une troisième avant que la fermentation vienne se manifester. Aussitôt que l'on reconnaît le plus petit indice de fermentation vive, c'est-à-dire dès qu'on voit monter, surtout près des douves, des bulles de gaz qui font entendre un léger bruissement en s'ouvrant à l'air, il faut se hâter d'enlever la dernière écume et de faire couler le moût clair dans les barriques où il doit fermenter.

Il faut éviter de mettre dans les barriques la portion trouble du moût qui s'est déposée au fond des cuves. Cette portion doit être ajoutée au vin de *tri*.

Si l'on se sert de cuves, au lieu d'écumer le moût, il serait plus commode de le soutirer dès qu'on apercevrait les indices précités de fermentation. A cet effet, on aurait une grande cuve pourvue d'un robinet placé à un ou deux pouces au dessus du fond.

Mais un meilleur moyen de débarrasser le moût de l'excès d'albumine et de ferment qu'il contient, c'est de le chauffer à l'aide d'une ou de deux chaudières à bascules semblables à celles des raffineurs de SUCRE. (*V.* ce mot.) Ce procédé très expéditif est peu coûteux. On peut ne chauffer, pour une barrique, que le tiers ou la moitié du moût qu'elle doit contenir, et verser cette quantité toute chaude dans la barrique qui contient déja l'autre moitié en moût bien écumé à froid. De cette manière, la totalité du liquide acquiert une température moyenne d'environ 30° Réaumur, qui favorise et accélère la fermentation. En versant le moût dans les chaudières à bascule au sortir du pressoir, il faut le passer dans un tamis de crin, afin de retenir les grains, les pellicules et surtout les pépins qui, chauffés, pourraient développer un goût désagréable. Lorsque le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moût arrive à une température de 70° centésimaux, l'écume se forme et monte à la surface ; dès qu'elle a acquis une consistance suffisante, on l'enlève avec une écumoire, et on la met égoutter sur un tamis. Aussitôt que l'ébullition se prononce, on achève d'écumer, et on fait basculer la chaudière, pour la remplir ensuite de nouveau moût ; celui déja écumé donne encore des écumes à chaud. La chaudière Taylor et Martineau, chauffant à la vapeur, serait encore préférable aux chaudières à bascule. (*V.* SUCRE.)

Il est important de ne jamais chauffer du moût qui commence à fermenter.

Le ferment restant, et dont il y a toujours plus qu'il ne faut, perd aussi par l'ébullition la plus grande partie de son action ; en sorte que, dans le moût dont moitié a été chauffée, il ne reste de ferment actif qu'à peu près ce qu'il faut pour convertir en alcool la matière sucrée qu'il contient. Afin d'éviter les déchets, on peut soumettre à la presse les écumes enlevées soit à froid, soit à chaud, et ajouter au vin de *tri* le liquide extrait du pressurage.

Le moût ainsi écumé doit évidemment donner moins de lie que celui qui ne l'a pas été, et déja, sous ce rapport, le vin sera plus recherché par le commerce.

Le moût, quoique d'une composition fort complexe, ainsi que nous l'avons vu, peut cependant, sous le rapport de la fermentation, être considéré comme formé principalement de trois substances, eau, sucre et ferment. C'est surtout le rapport de ces trois substances entre elles qui détermine la marche de la fermentation, et aussi, en partie, la qualité ou du moins la force du vin.

S'il y a dans le moût plus de sucre que le ferment n'en peut faire décomposer lors de la fermentation tumultueuse, et si le moût est d'ailleurs peu aqueux, la fermentation s'établit lentement, dure plus long-temps, et le vin obtenu reste doux jusqu'à ce que la fermentation insensible ait poussé la décomposition du sucre au terme convenable, ce qui peut durer plusieurs années. Ce vin conserve, pendant la première, une densité de 3 ou 4°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

due au sucre indécomposé; il est d'ailleurs pourvu de toutes les qualités que comporte le cru qui l'a fourni. Ce cas est celui des bonnes années, par exemple, de 1825 dans les crus tempérés.

Là, dans les années médiocres, le ferment est en excès relativement au sucre, et le moût est aussi plus aqueux. Alors la fermentation s'établit plus promptement, est plutôt achevée; la densité tombe très vite à 0°; le vin conserve peu de douceur et l'a bientôt perdue par l'effet de la fermentation insensible

De ce qui précède il est facile de conclure que le moût des bonnes années peut rester tel qu'il est; que celui des années médiocres doit être amélioré; que celui des mauvaises années doit l'être aussi, mais qu'il ne pourra donner, malgré les secours de l'art, qu'un vin médiocre. On peut aussi conclure de ce qui précède que les meilleurs moyens d'améliorer les vins dans des années médiocres ou mauvaises, c'est de lui enlever de l'eau, et autant que possible, du ferment et des acides. Il conviendrait aussi d'augmenter la proportion de sucre, ou plus simplement celle d'alcool, puisqu'en définitive le sucre se trouve, par l'effet de la fermentation, converti en alcool.

En écumant le moût à froid, comme nous l'avons prescrit, on lui enlève une grande partie du ferment en excès, ce qui augmente la proportion relative de sucre et retarde sa décomposition totale. En chauffant le moût, on atteint encore plus sûrement ce résultat; on débarrasse aussi le moût d'une proportion notable de ferment et d'un peu d'eau; pour compléter son amélioration il faudrait y ajouter du sucre ou de l'alcool, quelquefois un peu de tannin, et le priver de l'excès des acides qui y dominent.

Cette dernière opération présente des difficultés telles, qu'on doit se borner à en enlever une très petite partie, et même le plus souvent il vaut mieux laisser subsister la totalité. En effet les acides ne peuvent être saturés que par des bases, et si elles ne forment pas un sel insoluble, il reste dans le vin, au lieu de l'acide libre qui y existait, un composé neutre et soluble qui souvent peut être plus préjudiciable que l'acide qu'on a voulu faire disparaître. La potasse, la soude ou la chaux, sont les seu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les bases auxquelles on puisse penser; avec elles, on forme un molate de chaux de soude ou de potasse qui sont solubles et restent dans le vin. On convertit aussi le bitartrate de potasse en tartrate neutre beaucoup plus soluble. Les vins ainsi corrigés sont moins *verts*, mais plus *plats*, plus doux, moins agréables et moins de garde que les vins naturels.

L'addition de sucre ou d'alcool est sans aucun inconvénient quand le prix du vin permet cette dépense. Le sucre conviendrait mieux que l'alcool; mais comme, lorsqu'on veut aussi que les vins soient blancs, le sucre de fécule de pommes de terre que l'on emploie si généralement aujourd'hui pour les vins rouges trop légers, ou même le sucre brut de cannes ou de betteraves, ne peuvent être employés. On doit, à bien plus forte raison, ne pas se servir de mélasse de sucre ou de sirop de raisin: le vin deviendrait tellement roux, qu'on ne pourrait le décolorer, même avec le noir d'os ou le lait employé à très haute dose. Pour améliorer sensiblement une pièce de vin blanc de 228 litres, et lui laisser de la douceur, on ne peut y ajouter moins de douze livres de sucre, et comme ce doit être du sucre raffiné, le prix de la pièce serait augmenté d'environ dix-huit francs. Il ne faut donc point songer à ce moyen. L'alcool, s'il ne donne pas autant de douceur au vin, lui permet cependant d'en conserver, parce qu'il préserve de l'action du ferment une partie du sucre naturel du moût.

Huit litres d'alcool 3/6, quoiqu'ils ne représentent qu'environ 6 livres de sucre, suffisent cependant pour une pièce; et comme la loi permet en France d'en employer 5 pour o/o du volume du vin en franchise des droits, cette addition ne coûte pas 8 francs de frais. On doit l'effectuer aussitôt que la fermentation tumultueuse est apaisée, faire arriver l'alcool au fond de la pièce au moyen d'un entonnoir à longue douille, et ensuite bien mélanger.

Huit litres d'alcool 3/6 ou 33° Cartier, représentent 6 litres 3/4 d'alcool pur ou absolu, ce qui fait environ 3 pour o/o du volume du vin auquel on l'ajoute. Dans les années ordinaires, les bons vins de la Bourgogne, de la Champagne et de l'Anjou, n'en contiennent guère naturellement que 12 à 14 pour o/o de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur volume, et les vins de deuxième qualité des mêmes crus, que 8 à 10 pour o/o. Tout vin qui contient moins d'alcool que cette dernière proportion ne peut être d'une longue garde.

Les vins blancs que l'on croirait disposés à *graisser*, par suite d'un défaut de tannin, pourraient être préservés de cette maladie en ajoutant au moût des rafles bien mûres de raisin. Le tannin, en contribuant à la conservation des vins, les rend d'ailleurs propres à être clarifiés par la colle ou par la gélatine.

On a depuis quelques années employé les divers appareils que nous avons décrits, pour faire fermenter le moût sans le contact de l'air.

Les *bondes hydrauliques*, qui réussissent le mieux, se placent sur chaque barrique, aussitôt qu'on y a entonné le moût. Elles préviennent toute déperdition de spiritueux, et peuvent rester en place jusqu'au moment où le vin est livré à l'acheteur. Loin d'empêcher de remplir et de goûter le vin, elles rendent au contraire ces opérations beaucoup plus promptes, plus commodes et moins sales.

On doit soutirer les vins blancs aussitôt que les premières gelées les ont éclaircis, et au plus tard à la fin de la lune de février. En enlevant ainsi la lie, qui contient beaucoup de ferment, on évite, ou du moins on rend insensible la fermentation qui se rétablit au printemps, et qui, trop vive, pourrait priver le vin de toute la douceur qui lui reste, si le sucre, encore indécomposé, n'était plus qu'en trop petite proportion. Nous indiquerons plus loin les soins communs à divers vins mis en cave, et quelques moyens de prévenir ou de *guérir* leurs *maladies*.

On laisse assez ordinairement les raisins blancs subir l'action des premières gelées, afin que le tissu désagrégé en partie cède plus facilement le suc qu'il renferme, et que celui-ci soit moins exposé à être coloré par le contact de l'air et des pellicules.

Dans plusieurs localités, on ajoute du plâtre cuit en poudre fine sur les cuvées; ce sel, peu soluble dans l'eau, se dissout en plus grande proportion à la faveur de l'acide, surtout dans les vins légers. Ses propriétés antiseptiques contribuent à la conservation, et sa présence peut déterminer la précipitation de quelque matière organique; mais aussi il doit rendre la boisson moins

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

salubre, plus difficile à digérer, car il produit des effets de ce genre dans les eaux séléniteuses.

Vin mousseux. Dans la fabrication de ce vin, on emploie généralement les raisins noirs de première qualité, notamment ceux qu'on récolte sur le plant dit noirien, cultivé dans les meilleures expositions. Comme il importe beaucoup d'éviter que la matière colorante, adhérente à l'enveloppe des grains, se dissolve dans le suc, on doit obtenir celui-ci rapidement, en sorte qu'il reste le moins long-temps possible en contact avec les pellicules et la rafle. A cet effet, on le pressure immédiatement après la récolte; on se hâte, dès que l'écoulement cesse d'être abondant, de recouper le marc autour de la plate-forme du pressoir, de replacer au dessus les parties ainsi taillées, et de soumettre à une nouvelle pression. Après avoir répété cette opération une seconde fois, on doit tailler et recharger encore deux fois le marc pour l'épuiser de la plus grande partie du jus qu'il retient; mais le produit des deux dernières opérations ayant acquis une teinte rosée doit être mis à part pour servir à la confection d'une espèce particulière de vin mousseux ayant cette nuance. Quant au marc exprimé, il retient encore une assez grande quantité de suc dans des cellules non déchirées; il convient de le mélanger aux cuvées de vin rouge en le foulant avec elles. Le premier mouvement de fermentation achève de désagréger le tissu du raisin, permet ainsi au jus de s'en écouler, et la matière colorante, plus abondante dans ces marcs que dans le raisin non exprimé, ajoute à la coloration des cuvées de vin rouge, souvent trop faible en Champagne comme en Bourgogne.

Le moût sensiblement incolore, obtenu des trois premières pressions, est immédiatement versé dans des tonneaux dont on ne remplit ainsi que les trois quarts de la capacité. La fermentation ne tarde pas à s'y manifester. On a laissé continuer pendant environ quinze jours, en ménageant par la bonde entr'ouverte une issue au gaz, ou mieux, en adaptant aux tonneaux la bonde hydraulique décrite ci-dessus. (*V.* p. 270 et 271.) Au bout de ce temps, on remplit chacun des tonneaux avec le vin de quelques uns d'entre eux; on les bouche exactement, et l'on assujettit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même la bonde à l'aide d'un bout de cerceau passé en travers et cloué sur les deux douves voisines.

On doit avoir le soin, pour contenir le moût, comme pour tous les transvasemens ultérieurs, de n'employer que des tonneaux neufs, en bois autre que le chêne, ou des barriques à vin blanc, rincées à l'eau bouillante. Ces précautions s'appliquent d'ailleurs à tous les vins blancs.

Au mois de janvier suivant, on soutire au clair, puis on procède à un premier collage à l'aide de la colle de poisson. (*V.* ICHYOCOLLE.) Quarante jours après, on soutire et on procède à un deuxième collage; on est quelquefois obligé de répéter une troisième fois cette opération, si la lie est trop abondante.

Au mois de mai, on soutire à clair dans des bouteilles, en ayant le soin d'ajouter dans chacune d'elles une petite mesure de *liqueur*, équivalent à environ trois centièmes du volume du vin. On donne le nom de *liqueur* à une sorte de sirop que l'on prépare en faisant dissoudre du sucre candi dans son volume de vin blanc limpide.

Lorsque les bouteilles sont ainsi remplies, on assujettit les bouchons solidement, à l'aide d'une ficelle et d'un fil d'archal; on couche les bouteilles, le goulot incliné, sous un angle d'environ vingt degrés, afin que le dépôt de lie ou ferment qui se forme par suite des progrès d'une fermentation lente, s'approche du goulot et du bouchon. Au bout de 8 à 10 jours, on augmente l'inclinaison des bouteilles dans le même sens, et on la porte à environ 45 degrés: deux ou trois jours ensuite, on relève encore davantage le fond de la bouteille en lui imprimant quelques petites secousses, afin de rassembler le mieux possible le dépôt sur le bouchon.

Les bouteilles sont alors maintenues dans une position verticale, le goulot dirigé vers le bas. Un ouvrier habile les prend sous le bras les unes après les autres; il retire peu à peu le bouchon sur lequel le dépôt a été rassemblé, et laissant un instant une partie de la section entr'ouverte, il parvient à laisser expulser, par l'effet de la pression intérieure, le dépôt, sans faire écouler une grande quantité de liquide, et en resserant le bouchon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussitôt que ce dégorgeage est fait. Si le vin est encore troublé ou nuageux dans la bouteille, on doit ajouter, avec une nouvelle dose de liqueur, une petite quantité de *colle*, et, dans tous les cas, il faut replacer la bouteille dans la situation verticale, le col dirigé vers le bas. On prend encore les mêmes précautions pour rassembler une deuxième fois le dépôt sur le bouchon, en sorte qu'au bout de deux à trois mois, on puisse procéder à un nouveaux dégorgeage : alors si l'on trouve que le vin n'est pas assez doux ou mousseux, on doit y ajouter encore une dose de liqueur; il faut même quelquefois pour réunir les qualités voulues, c'est-à-dire obtenir un vin suffisamment mousseux, légèrement doux et très limpide, faire dégorger jusqu'à trois fois et opérer trois additions de liqueur.

Le vin mousseux, préparé comme nous venons de le dire, depuis très long-temps en Champagne, et seulement depuis quelques années dans plusieurs autres localités, et notamment en Bourgogne, est ordinairement bon à boire au bout de 18 à 30 mois, suivant que la saison a fait faire des progrès plus ou moins rapides à la fermentation.

On recherche dans ces sortes de vins non seulement une grande diaphanéité et un bouquet agréable, mais encore une légèreté qui jusqu'ici ne s'est pas réalisée au même degré qu'en Champagne, du moins réunie aux deux premières qualités : aussi les crus de cette province conservent-ils la faveur commerciale dont ils étaient en possession depuis si long-temps.

Parmi les causes du prix élevé des vins mousseux, on doit ajouter aux frais considérables de main-d'œuvre qu'ils nécessitent, des chances énormes de déperdition, non seulement par suite des alternations que ces vins sont sujets à éprouver, mais encore par la fracture des vases qui les contiennent. Nous avons vu en effet, en traitant de la fabrication du vin (voyez plus haut), que la casse des bouteilles renfermant des vins mousseux s'élève en général de quinze à trente-trois pour cent; on conçoit qu'elle augmente de toute cette valeur perdue le prix du vin échappé à la déperdition. Nous répéterons ici qu'il serait d'une haute importance, dans l'intérêt du perfectionnement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la fabrication des bouteilles, autant que dans l'intérêt des fabricans de vin de Champagne, que ces derniers stipulassent dans leurs marchés avec les verriers la garantie d'une résistance de toutes les bouteilles à une pression de 15 à 18 atmosphères. Une faible augmentation de prix suffirait sans doute pour obtenir cette garantie, et elle serait très largement compensée par une énorme diminution dans les chances de casse (1). Quelques tentatives en ce sens, faites récemment, paraissent donner la certitude que la déperdition qui, dans les plus mauvaises circonstances, s'est élevée jusqu'à 60 pour cent, pourrait alors être réduite à 4 ou 5 centièmes.

On pourrait peut-être parvenir à réduire de beaucoup les chances de casse, en essayant de conduire la fabrication, avant la mise en bouteilles, dans des vases en bois, solidement cerclés en fer, jusqu'au moment du dernier dégorgeage; il serait jusqu'alors facile, à l'aide de tubes communiquant à un manomètre, de régulariser la pression, et les bouteilles n'auraient plus à supporter que la dernière, qui n'est ni la plus forte ni la plus inégale.

On pourrait encore essayer de fabriquer ou d'éclaircir complètement le vin sans pression, puis d'y ajouter artificiellement, comme dans les préparation des EAUX MINÉRALES factices, la dose convenable d'acide carbonique. Nous ne faisons qu'indiquer ces objets de recherches, non encore réalisés en pratique.

Conservation des vins. Les vins forts, c'est-à-dire riches en alcool, de même que ceux dans lesquels le tannin abonde, se conservent très facilement; ils résistent aux longs transports, durant lesquels des variations de température et des secousses, ou un mouvement presque continuel, mettent le ferment en suspension, raniment la fermentation qui était ralentie. La plu-

(1) Le prix des bouteilles à vins mousseux est déja plus élevé que celui des bouteilles à vins ordinaires : les premières se vendent 24 fr. le 100 les meilleures et 18 fr. la qualité inférieure, tandis que les bouteilles ordinaires valent, dans les mêmes endroits, 16 fr. le 100 de première qualité, et 13 à 14 celles de deuxième choix.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

part, comme les vins du midi et les vins de Bordeaux, sont mêmes améliorés ainsi parce qu'ils arrivent plus vite à ce terme des réactions spontanées, que le goût général fait préférer; c'est alors que la saveur sucrée n'est plus perceptible, que des matières organiques, une partie du bitartrate de potasse, etc., se sont précipités ou ont été entraînés avec l'excès de tannin par les derniers collages; qu'enfin l'alcool, plus abondant et le goût aromatique (ou le bouquet), n'étant plus masqués par tant d'autres saveurs étrangères, apparaissent plus agréables.

Quant aux vins faibles des mauvais crus, ils doivent être consommés dans les 12 ou 15 mois, à dater de leur extraction, et durant cet intervalle de temps, l'excès d'acide qu'ils renferment les préserve d'autre altération; on a toutefois le soin de les maintenir dans des caves fraîches, pour éviter que leur acidité n'augmente, et on commence à les boire dès que la fermentation tumultueuse ayant cessé, ils ont pu être clarifiés. Ce sont les vins intermédiaires entre ces deux sortes, dites vins légers et vins fins, qui exigent le plus de soins pour leur conservation, et qui sont le plus sujets à des altérations désignées sous le nom de *maladies*.

Les vins blancs doivent être gardés en tonneaux constamment pleins et soigneusement mis à l'abri du contact de l'air, ou n'y rester dans les transvasemens que le moins long-temps possible, car, outre la déperdition qui en résulterait comme pour les vins rouges, une altération spéciale aux vins blancs les déprécierait bien davantage : c'est une coloration brune ou jaunâtre, qui paraît tenir à une sorte d'altération d'une matière végétale, altération que l'on observe dans le suc des pommes, de divers fruits, et d'autres parties des plantes.

La plupart des vins blancs légers ne sont agréables à boire que lorsqu'ils ont encore une saveur sensiblement douce; il faut donc éviter que la fermentation trop complète ne fasse disparaître tout le sucre, et, à cet effet, les tenir dans des caves les plus froides possibles; un des moyens accessoires employés généralement à cet effet consiste à brûler une MÈCHE SOUFRÉE dans la barrique vide; à chaque soutirage, l'acide sulfureux qui se forme se condense en partie dans le vin que l'on y verse; il sus-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pend la fermentation (*V.* MUTAGE), et contribue à prévenir la coloration brune ou jaune.

Cette opération se pratique en accrochant le quart au plus d'une mèche à un fil de fer long de 12 pouces, et dont l'autre bout est fixé dans un bondon en bois : on allume ce morceau de mèche soufrée, on l'introduit avec le fil de fer dans la pièce vide, par la bonde, qui se trouve incomplètement fermée par le bondon ; une portion de l'air échauffé sort, et la plus grande partie de l'acide sulfureux reste dans la pièce, soit à l'état de gaz, soit condensé sur les parois humides.

Dès que la combustion de la mèche est arrêtée, on ôte celle-ci, puis on bouche hermétiquement le tonneau, si l'on n'est pas prêt à soutirer du vin dedans.

Quelquefois il arrive que la mèche s'éteint dès qu'on la plonge dans le tonneau vide ; c'est, disent les tonneliers, parce que la pièce est gâtée, et que si l'on y entonnait du vin, il contracterait un mauvais goût. Le plus prudent est en effet de rebuter de telles pièces, ou de les réserver pour des vins communs que l'on n'y verserait encore qu'après avoir fortement et plusieurs fois rincé le tonneau à l'eau bouillante avec une chaîne.

On parvient encore à enlever le goût désagréable que des moisissures ont en général occasionné dans les pièces vides qui présentent le phénomène ci-dessus décrit ; en les imprégnant d'une solution d'acide sulfurique (un verre ou environ 300 grammes dans un litre d'eau), l'on agite dans tous les sens, afin que l'acide touche toutes les parois intérieures, puis on rince fortement à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante.

En général les caves où l'on conserve le vin doivent, par la masse du sol qui les entoure, présenter une température basse, mais surtout peu variable ; il convient qu'elles soient éclairées au nord, qu'un dallage ou un carrelage sur béton ou bitume permette de les laver et d'éviter ainsi l'excès d'humidité que les matières organiques divisées, la *boue*, etc., entretiendraient ; d'éviter encore que des secousses y soient fréquemment produites par le roulement des voitures sur un pavé voisin. Ces mouvemens vibratoires imprimés hâtent sa fermentation et dépassent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le terme convenable. On dit qu'une cave soumise à cette influence avance le vin : on n'y peut garder long-temps que des vins assez spiritueux ou astringens.

Soutirage des vins. Une température basse, comme au moment d'une petite gelée, favorise cette opération en faisant cesser les mouvemens de fermentation; on y procède surtout vers la fin de février pour les vins légers; quant aux vins forts, on ne les soutire qu'au bout d'un an ou dix-huit mois, afin de les *laisser plus long-temps sur la lie*, c'est-à-dire en contact avec plus de ferment, et de favoriser ainsi les progrès d'une fermentation souvent trop lente.

Pour soutirer le vin d'une pièce dans l'autre, on se sert de grosses cannelles droites. (*V.* pl. 95, fig. 1), sur la tête desquelles on peut frapper à coups de maillet, soit afin d'enfoncer par l'autre bout dans la pièce une broche en bois, cylindrique, restée d'un soutirage précédent, soit pour achever de perforer le trou qui vient d'être à cet effet presque entièrement percé avec un vilebrequin à grosse mèche.

Avec cette cannelle, en y adoptant un petit tuyau coudé, fig. 2, on soutire dans des brocs qu'on va porter dans le tonneau à remplir. Cette méthode, encore très usitée, est défectueuse : chaque fois que l'on ferme la cannelle pour changer de broc, il s'opère dans la pièce un choc en retour du liquide dont on arrête ainsi brusquement le mouvement, et on trouble le vin.

On peut économiser de la main-d'œuvre, en même temps que l'on évite l'inconvénient précité, en adaptant à la cannelle le bout légèrement conique, en bois ou mieux en cuivre, B, fig. 3 qui termine un tuyau de cuir. On introduit l'autre bout dans la bonde de la pièce vide, si celle-ci peut être placée au dessous de la première, et, dans le cas contraire, on adapte l'autre bout du tuyau en cuir à une cannelle semblable posée à la pièce vide. *V.* la fig. 3, et en ouvrant les deux cannelles on conçoit que le liquide se mette de niveau dans les deux fûts sans autre main-d'œuvre.

Pour achever le soutirage, on adapte la tuyère d'un soufflet sur la pièce à vider, comme le montre la même figure, et l'on in-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffle de l'air dont la pression refoule le vin dans la deuxième pièce; d'ailleurs le passage de l'air dans le tuyau avertit que le soutirage est fini, et l'on ferme aussitôt les cannelles.

Ce moyen peut même s'appliquer aux transvasemens des foudres, contenant jusqu'à 100 barriques ou environ 23,000 litres dans divers fûts.

On préfère aujourd'hui, relativement aux transvasemens entre les pièces de jauge ordinaire, les SIPHONS de M. Collardeau, pl. 95, fig. 10.

Mise en bouteilles. On doit toujours coller le vin avant de le soutirer en bouteilles, afin d'éviter qu'il ne dépose; pour les vins fins où le tannin manque, et surtout les vins blancs, on se sert de celle de poisson (*V.* ICHTHYOCOLLE) battue, détrempée à froid, malaxée dans l'eau, passée au travers d'un linge, et délayée dans du vin blanc; les vins rouges ordinaires se collent avec l'albumine des œufs; on bat bien à cet effet, avec des verges, six blancs d'œufs dans deux ou trois fois leur volume d'eau; puis on jette le tout dans la pièce dont on a tiré préalablement 2 ou 3 litres; on introduit un bâton, dont le bout fendu en quatre, s'écartant dans le vin, facilite l'agitation que l'on doit opérer vivement et dans tous les sens; on remplit la pièce avec le vin qu'on en avait tiré, puis on laisse en repos jusqu'au moment de la mise en bouteilles, c'est-à-dire pendant 6 à 15 jours, suivant que la température est plus ou moins basse. (*V.* CLARIFICATION.)

On emploie de préférence, pour coller les vins forts, surtout ceux qui sont acerbes ou durs par l'effet du tannin, un demi-litre de sang de mouton ou de bœuf battu tout chaud, et l'on opère comme nous venons de le dire. Cette forte proportion d'albumine rend le vin moins dur; il peut même être utile, afin d'augmenter cet effet, de coller ainsi plusieurs fois de suite.

Enfin, on se sert encore, pour coller les vins rouges surtout les plus astringens, de COLLE FORTE OU GÉLATINE exemptes de mauvaise odeur : on en fait dissoudre à chaud 25 grammes dans environ 200 grammes d'eau; puis on mêle cette solution avec un demi-litre de vin, et on jette le tout dans la pièce en opérant comme relativement à la colle de poisson.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Remplissage. Cette opération, qui a pour objet de compenser les déperditions ordinaires de la transpiration du bois et des coulages accidentels, est encore utile pour prévenir la coloration des vins blancs, la formation d'une certaine quantité d'acide ou de moisissures, toutes altérations qui pourraient résulter d'une *vidange* prolongée dans les pièces.

Maladies des vins. On désigne ainsi plusieurs altérations accidentelles auxquelles il est important de remédier.

1°. *La pousse.* C'est le nom que l'on donne à un mouvement de fermentation tumultueuse qui se manifeste quelque temps après que le vin a été mis en barriques. Lorsque, dans ce cas, celles-ci ont été hermétiquement closes, il peut arriver que la pression intérieure augmente au point de faire rompre les cercles ou d'entr'ouvrir les douves de fond en forçant les barres qui les traversent. On ne s'aperçoit quelquefois de cet accident que lorsqu'une ou plusieurs barriques ont ainsi fait une sorte d'explosion, et laissé perdre une grande partie ou la totalité du vin qu'elles contenaient. Les appareils de sûreté que nous avons décrits plus haut, et surtout les bondes hydrauliques, préviennent constamment cette cause de déperdition. Toutefois, lorsqu'on aperçoit la fermentation tumultueuse se reproduire à cette époque, il convient de la faire cesser, de peur que ses progrès rapides n'enlèvent au vin toute la matière sucrée et le fassent passer à l'*amer*. On arrête la fermentation en transvasant le vin dans des barriques fortement imprégnées d'acide sulfureux à l'aide d'une mèche soufrée ; on y parviendrait mieux encore sans doute en ajoutant au vin un millième de sulfite de chaux. Enfin il parait que l'on réussit encore à suspendre la fermentation en ajoutant dans chaque barrique une demi-livre de semence de moutarde.

Dans tous les cas, il convient de coller les vins de cette nature aussitôt que la fermentation a été apaisée, afin d'enlever le ferment en suspension, qui est la principale cause de l'accident précité.

2°. *Passage à l'acide.* On désigne ainsi le développement d'un excès d'acide dans le vin; ce phénomène est dû soit à une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trop faible proportion d'alcool, soit à la température trop élevée de l'air des caves, soit à des secousses répétées, soit, enfin, au contact de l'air lorsque les pièces sont restées en vidange ou débouchées. Le meilleur moyen de pallier le mauvais effet produit consiste à couper le vin acide avec son volume d'un vin plus fort et moins avancé, coller ce mélange, le tirer en bouteilles, et le consommer le plus promptement possible, car il est d'expérience qu'un tel vin n'est plus de garde.

Cette maladie du vin a donné lieu autrefois à des accidens fort graves, par suite de l'addition de litharge faite dans le but d'adoucir le vin; mais on produisait ainsi un sel (l'acétate de plomb) doux à la vérité, et qui changeait complètement la saveur aigre, mais dont l'action vénéneuse est bien connue. Des règlements de police et la surveillance éclairée du conseil de salubrité ont fait complètement cesser cet abus. La saturation de l'acide par les bases alcalines est sujette à d'autres inconvéniens dont nous avons parlé à l'occasion du vin blanc.

3°. *Graisse des vins.* On dit que les vins *tournent au gras* lorsqu'ils acquièrent une consistance visqueuse. Ils deviennent alors tout-à-fait impropres à servir de boisson. Long-temps on a ignoré la véritable cause de ce singulier phénomène. M. François, pharmacien, de Nantes, est parvenu à la découvrir; il a démontré qu'elle tenait à la présence d'une matière azotée, analogue à la glïadine, et, en effet, ce sont les vins blancs, surtout ceux qui contiennent le moins de tannin, qui sont sujets à cette maladie. Le même chimiste fut naturellement porté à en chercher le remède dans une addition de matière astringente. Sans doute le tan, la noix de galle, le bablak et toutes les substances riches en tannin, eussent produit l'effet désiré; mais il fallait éviter d'ajouter une matière dont la saveur désagréable nuisît à la qualité du vin. M. François est parvenu à ce résultat en employant des sorbes (fruit du sorbier) lorsqu'elles sont le plus astringentes, c'est-à-dire un peu avant l'époque de leur maturité. Voici comment on opère : on écrase dans un mortier une livre de ces fruits que l'on jette dans une barrique contenant le vin filant, ou dans laquelle on a transvasé les bouteilles qui le renfermaient; on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

agite vivement et à plusieurs reprises, puis on laisse reposer pendant un jour ou deux. Alors le tannin, s'unissant à la substance azotée, l'a séparée du liquide auquel elle communiquait la viscosité. On clarifie avec de la colle de poisson, comme nous l'avons dit plus haut, et l'on tire en bouteilles le vin, qui a repris toute sa fluidité, et qui n'est plus sujet à la même maladie. On arriverait probablement au même résultat en employant des pépins ou des rafles écrasés.

4°. *Vin passé à l'amer.* Cette maladie résulte d'une fermentation trop complète, car il paraît que les bons vins, quelque vieux qu'ils soient, ne doivent jamais avoir épuisé toute leur substance fermentescible; du moins est-il certain que la fermentation, complétée par toutes les circonstances les plus favorables, donne toujours un vin de mauvais goût et souvent très amer. Le meilleur moyen de remédier à ce défaut, du moins en partie, consiste à mélanger ces vins avec leur volume d'un vin analogue, mais plus nouveau. On colle ensuite, puis on soutire en bouteilles.

5°. *Goût de fût.* Les vins acquièrent souvent, dans des fûts qui sont long-temps restés vides, cette saveur désagréable par suite du développement des moisissures. Il est ordinairement difficile, et quelquefois impossible d'enlever entièrement ce goût désagréable; l'un des moyens qui réussissent le mieux consiste, après avoir changé la pièce, à agiter fortement dans le vin environ une livre d'huile d'olive fraîche. Il paraît qu'une huile essentielle, principale cause du mauvais goût, est entraînée à la superficie par l'huile ajoutée, et qu'ainsi le goût désagréable qu'elle occasionnait diminue beaucoup.

Nous présenterons, en terminant, quelques considérations relatives au produit de l'industrie qui nous occupe. Le revenu des vignobles, et même leur valeur foncière, sont chez nous au dessous du taux naturel : suivant une moyenne de cent treize ans, on a calculé qu'un hectare de vigne dans le cru de Volney, produit annuellement 1779 litres de vin qui, vendus à raison de 0 fr., 877 (200 fr. la pièce de 228 lit.), donnent la somme de 1672 fr., d'où, déduisant pour les frais et contributions 572 fr., il reste en produit net 1,100 fr.; et comme la valeur du fonds peut être

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

estimée à 23,000 fr., c'est un revenu de 5 p. 0/0 au plus du capital. Le produit net moyen, dans les crus de Baune, Nuits, etc., n'excède pas 600 fr., et représente seulement 2 1/2 p. 0/0 du capital.

Les questions économiques de la culture des vignes, de la fabrication et du commerce des vins, préoccupent vivement les esprits en France ; il est certain que les intérêts de ces industries agricoles et manufacturières sont gravement compromis par suite des difficultés des transports en certaines localités et des entraves aux débouchés extérieurs ; dans toutes, en effet; les droits élevés sur les fers, aciers, plombs, sur la houille et divers autres produits et matières premières, s'opposent aux échanges que nous aurions cependant grand intérêt à faire de ces marchandises, trop coûteuses chez nous, contre nos vins en général trop abondans.

Au reste, cet état de choses, protégeant quelques industries qu'il importe de perfectionner chez nous, ne peut durer qu'un temps limité ; et, en définitive, nos vignobles, évidemment favorisés par des circonstances naturelles, n'ayant à redouter aucune concurrence réelle, mais seulement des obstacles factices et instables, ne peuvent manquer d'acquérir tôt ou tard les avantages que la nature leur a dévolus, et d'offrir un jour les moyens les plus incontestables et non contestés d'échange avec les nations étrangères.

Nous décrirons à la fin de cet article quelques ustensiles que nous avons seulement indiqués, et nous renverrons, pour le traitement ultérieur des vins à distiller ou à convertir en vinaigre, comme pour les applications des marcs, dépôts (lies, tartre), sarmens, etc., aux articles spéciaux intitulés Acides acétique Tartrique, Acétates, Alambics, Alcool, Distillation, Cendres gravelées, Noir de vigne, Piquette, Tartrate de potasse, Verdet, Vert-de-gris, Vinaigre, etc.

Nous ajouterons toutefois qu'une industrie toute récente, et qui paraît présenter quelques chances de succès, a pour but la fabrication d'un *gaz-light* (*V.* Éclairage au gaz), en calcinant en vases clos les pépins de raisins extraits des marcs. On conçoit, en effet, que l'huile contenue dans ces graines peut ajouter au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz de la matière ligneuse qui s'y trouve aussi, assez d'hydrogène carboné pour rendre la flamme du mélange très lumineuse; mais la lumière, ainsi obtenue, sera-t-elle autant ou plus économique que celle produite par les gaz de la houille, de l'huile de résine, etc.? C'est une question intéressante que nous ne pouvons résoudre en ce moment faute de données suffisantes.

Vins médicinaux. On donne ce nom à des solutions employées en pharmacie, et dont le vin est l'excipient.

Dans la préparation des vins médicinaux, on doit avoir le soin de bien choisir le vin qu'on emploie: il doit être d'une limpidité parfaite, avoir une couleur franche, une odeur suave, un goût agréable, être miscible à l'eau sans se décomposer ni se troubler.

Les vins, relativement à cette application, peuvent être divisés en deux classes: les vins étrangers et les vins français. On doit se procurer les premiers (notamment ceux de *Malaga* et de *Madère*) naturels et de bonne qualité. Parmi les seconds, il faut choisir ceux qui sont généreux, c'est-à-dire riches en alcool.

Les vins médicinaux ne peuvent contenir que des matières solubles dans l'eau et dans l'alcool faible; ils sont simples ou composés. Les vins médicinaux simples sont ceux qu'on prépare avec le vin et une seule substance; les vins composés sont préparés avec plusieurs substances.

On confectionne les vins médicinaux, soit en faisant infuser ou macérer les substances médicamenteuses dans des vins d'une qualité convenable, soit en ajoutant au vin, au moment où on l'administre, une proportion déterminée d'une *teinture* préparée d'avance. Cette méthode fut vivement recommandée par Parmentier, et le conseil de santé des armées s'occupa, en 1799, de la soumettre à un examen minutieux: il fit préparer autant de teintures qu'il y a de vins médicinaux dans le formulaire des hôpitaux militaires. Il paraît que les essais ont été très favorables, car les formules pour la préparation des vins par cette méthode ont été publiées dans le *Code pharmaceutique à l'usage*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des hospices civils, ouvrage publié à Paris par ordre du ministre de l'intérieur.

Cependant on n'a point abandonné la méthode de préparation des vins par macération, et l'on a soin, lorsqu'on la met en usage, d'observer les règles suivantes : 1° On doit en général employer des plantes ou des produits secs, les substanees humides ajoutant de l'eau au vin, ce qui le rendrait susceptible de s'altérer plus promptement. On fait cependant une exception pour les plantes *antiscorbutiques*, qui perdraient de leurs propriétés par la dessication.

2°. Lorsqu'on emploie des plantes ou des substances humides ou fraîches, on compense, par une addition d'alcool, l'humidité qu'elles ont fournie.

3°. On doit opérer en vaisseaux clos, pour conserver l'arome des substances (le bouquet) et le principe spiritueux du vin.

4°. Après la macération, on ne doit pas employer une trop forte expression, de peur de charger le vin de matières mucilagineuses.

5°. On doit, autant que possible, filtrer les vins dans des entonnoirs fermés, et les conserver, lorsqu'ils sont filtrés, dans des flacons bien bouchés et toujours pleins : le vin contenu dans des bouteilles qui sont en vidange se trouble spontanément et s'aigrit. Nous donnerons ici les principales formules pour la préparation des vins médicinaux les plus usités, renvoyant, pour des notions plus détaillées et plus complètes, soit au Codex, soit au Dictionnaire des drogues de MM. Chevallier, Richard et Guillemin.

Vin d'absinthe (*Formule de M. Boudet*). Sommités sèches d'absinthe, 32 grammes (1 once) ; vin de Chablis, 500 grammes (1 livre). On triture les sommités d'absinthe avec le vin blanc dans un mortier de marbre ; on presse le mélange et l'on filtre. Ce vin se prend à la dose de 16 à 48 grammes (de $\frac{1}{2}$ once à 2 onces.)

Vin antiscorbutique (*Codex*). Racine de raifort sauvage fraîche et coupée en petites rouelles minces, 32 grammes (1 once) ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

feuilles fraîches de cochléaria, de cresson de fontaine, de trèfle d'eau, de chacune 16 grammes (4 gros); graines de moutarde entières, 16 grammes (4 gros); hydrochlorate d'ammoniaque, 8 grammes (2 gros); vin blanc de bonne qualité, 1000 grammes (2 livres). On fait macérer le tout dans un vase couvert pendant 36 heures (et mieux pendant 4 jours), en agitant de temps à autre. Cet espace de temps étant écoulé, on passe en exprimant très légèrement; on filtre, et l'on ajoute teinture alcoolique de cochléaria, 16 grammes (4 gros); la dose ordinaire est de 82 à 96 grammes (1 à 3 onces).

Vin d'opium composé (*laudanum liquide de Sydenham*). Opium choisi et coupé par tranches, 64 grammes (2 onces); safran, 32 grammes (1 once); cannelle, 4 grammes (1 gros); gérofles en poudre, 4 grammes (1 gros); vin de Malaga, 500 grammes (1 livre). On met toutes ces substances en contact, et on laisse en macération pendant 15 jours, en remuant de temps en temps; on passe en exprimant fortement, et l'on filtre; 20 gouttes de laudanum Sydenham pèsent 7 décigrammes et demi (15 grains), et contiennent environ 5 centigrammes (1 grain) d'opium en dissolution. Cette préparation ne doit être délivrée que sur l'ordonnance d'un médecin.

Vin d'opium préparé par fermentation (*Gouttes de Rousseau, laudanum de l'abbé Rousseau*). Miel blanc, 384 grammes (12 onces); eau de rivière chaude, 1500 grammes (3 livres). On verse le miel fondu dans un matras; on ajoute l'eau, puis on met le tout dans un endroit chaud. Dès que ce mélange commence à fermenter, on y ajoute, opium choisi, 128 grammes (4 onces) dissous dans 384 grammes (12 onces) d'eau. On laisse fermenter le tout pendant un mois, à la température de 30° centésimaux; on passe la liqueur, on la filtre, puis on la fait rapprocher jusqu'à ce qu'elle ne pèse plus que 320 grammes (10 onces). On passe de nouveau, et l'on ajoute alcool à 32°, 144 grammes (4 onces et demie); on conserve dans un flacon bouché à l'émeri. On pourrait activer la fermentation en ajoutant au mélange 4 grammes (1 gros) de *levure* ou *ferment de bière*; 20 gouttes de laudanum de Rousseau pèsent 11 décigrammes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(22 grains): elles tiennent en solution 15 centigrammes (3 grains d'opium); 7 gouttes de cette préparation peuvent être regardées comme contenant 5 centigrammes (1 grain) d'opium.

Vin de quinquina. Ce vin peut être préparé en employant divers vins naturels. Aussi demande-t-on souvent dans les officines les *vins de quinquina au Bordeaux*, *au Malaga*, *au Madère*: ces vins, préparés avec les vins très chargés de matière colorante sont moins actifs, une partie des alcalis végétaux du quinquina se précipitant pendant la préparation du médicament (Henry).

Vin de quinquina (*Codex*). Ecorce de quinquina gris ou jaune si le praticien prescrit ce dernier, 250 grammes (8 onces). On réduit l'écorce en poudre, on l'introduit dans un matras, et l'on verse dessus alcool à 22°, 500 grammes (1 livre); on agite et on laisse macérer pendant 24 heures, en remuant de temps à autre: on ajoute alors, vin rouge généreux, 3 kilogrammes (6 livres); on fait macérer pendant 4 jours, agitant de temps en temps: on passe et l'on filtre la liqueur, que l'on conserve dans des bouteilles bien bouchées.

Vin de quinquina (Parmentier). Vin rouge, 1 kilogramme (2 livres), teinture de quinquina de 32 à 80 grammes (de 1 à 2 onces et demie.)

Vin de quinquina au Malaga. Quinquina gris ou jaune, 128 grammes (4 onces); vin de Malaga généreux, 1500 grammes (3 livres). On fait macérer pendant 8 jours; on passe, on filtre et l'on conserve. Le vin de quinquina se prend à la dose de 32 à 64 grammes (1 à 2 onces).

Vin de rhubarbe. Rhubarbe en poudre, 32 grammes (1 once); cannelle blanche, 5 grammes (1 gros); vin d'Espagne, 500 grammes (1 livre). Faites macérer pendant 8 jours, exprimez et filtrez.

Vin scillitique. Squames de scille, 32 grammes (1 once). On les broie avec un pilon de bois, puis on les fait macérer pendant 12 heures dans un vase de verre, avec 500 grammes (1 livre) de vin de Malaga. On passe, on filtre, puis on conserve à la cave en bouteilles hermétiquement bouchées. P.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VINS. (*Essai des*) Pour connaître la quantité d'alcool contenu dans les vins, on a proposé l'emploi d'un *œnomètre* ou *pèse-vin*. C'est un *aréomètre* ordinaire dont la tige déliée rend les degrés très étendus; ils sont divisés chacun en dix parties.

Plongé successivement dans des vins de diverses qualités, cet ustensile s'y enfonce d'autant plus, toutes choses égales d'ailleurs, que les vins sont plus alcooliques, et pourrait procurer des données comparables et utiles, si les autres principes, constituant des vins, étaient toujours dans la même proportion; mais les vins renferment des sels en proportions variables, du sucre et d'autres matières qui augmentent la densité du liquide que l'alcool tend à diminuer; en sorte que tel vin, contenant plus d'alcool qu'un autre, pourra contenir aussi une proportion plus forte de sels et de matière sucrée, et marquer un degré moindre au pèse-vin; on le supposerait donc contenir moins d'alcool, quoique effectivement il en contînt davantage. Aussi le pèse-vin est-il, sous ce rapport, un instrument défectueux.

Le meilleur procédé, pour connaître la proportion d'alcool contenu dans un vin, consiste à en distiller une petite quantité. En 1818, M. *Descroisilles* avait imaginé, pour ce genre d'essai, un petit alambic. Depuis, M. Gay-Lussac a fait quelques modifications à ce procédé et à la disposition de l'appareil qui en rendent l'exécution plus facile et les résultats plus immédiatement comparables. Maintenant on le trouve ainsi perfectionné chez M. Collardeau, rue Saint-Martin, n° 56.

Il se compose d'une petite cucurbite en cuivre, ouverte à sa partie supérieure. Cette ouverture est destinée à recevoir l'extrémité B du tube C, qui se contourne en spirale dans le refrigérant D, et se termine en E. (Voir Pl. 95, fig. 4).

A cet alambic sont jointes deux cloches à pied M et N (fig. 5). La plus grande M est graduée en 300 divisions qui représentent 150 millilitres. La deuxième est également divisée en millilitres, et porte environ 180 divisions, dont 100 représentent 50 millilitres.

Pour se servir de cet alambic, on verse d'abord du vin dans la grande éprouvette jusqu'à la division 300; on introduit cette quantité de liquide dans l'alambic, puis on y adapte le réfrigérant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on maintient en serrant la vis. L'alambic lui-même est placé dans un cylindre en tôle G, échancré, faisant office de fourneau, et le tout est chauffé à l'aide d'une petite lampe à esprit de vin H.

L'éprouvette N, placée au dessous du réfrigérant, reçoit le produit alcoolique distillé. Il faut avoir soin, pendant la distillation, de tenir de l'eau froide dans le réfrigérant, et d'humecter continuellement la toile dont le tube B C se trouve enveloppé. P est une espèce de gouttière destinée à conduire dans un petit réservoir l'eau qui pourrait s'écouler du tube. On arrête la distillation lorsqu'on a recueilli dans l'éprouvette N précisément le tiers du vin employé, c'est-à-dire lorsque le liquide s'élève à la division 100. On reconnaît alors la richesse alcoolique de ce produit, au moyen de l'ALCOOMÈTRE centésimal, et comme la quantité distillée qui contient tout l'alcool, n'est que le tiers du volume du vin employé, en divisant par 3 le nombre qui la représente, on a celle du vin soumis à l'essai.

Si, par exemple, en agissant ainsi, on obtenait d'un vin essayé 100 parties d'alcool à 30° de l'alcoomètre centésimal, à la température de 12° 1/2 Réaumur, on en conclurait que la richesse alcoolique de ce vin serait de 10°, c'est-à-dire qu'il contiendrait 10 pour 100 d'alcool.

On voit que ce mode d'essai, donnant immédiatement la proportion d'ALCOOL absolu contenu dans le vin, il sera facile d'en conclure la quantité d'eau-de-vie à un degré quelconque qu'il pourra fournir.

S'il arrivait que, par défaut d'attention, on eût recueilli dans l'éprouvette N une quantité d'alcool plus grande que 100 divisions, il ne serait pas nécessaire de recommencer l'expérience; mais il faudrait, après avoir reconnu à l'alcoomètre la richesse du produit, diviser la quantité recueillie par le nombre qui exprime le rapport du volume du produit distillé à celui du vin. Si, par exemple, on a recueilli 106 divisions du produit alcoolique, contenant 30 centièmes d'alcool pur, c'est-à-dire marquant 30° à l'alcoomètre, on aura 106 trois centièmes au lieu de 100; et au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lieu de prendre le tiers, il faudra diviser 106 par 300 et multiplier par 30 ; la richesse du vin sera donc exprimée par

$$\frac{106}{300} \times 30 = 11{,}66 \text{ (1)}.$$

Vins (*Falsification des*). Au nombre des falsifications, nous ne comprenons pas ces mélanges entre vins naturels de qualités différentes, qui se pratiquent journellement chez les marchands de vins en détail, et auxquels ils donnent le nom de *cuvées*. Ces mélanges, qui sont destinés à être bus dans un court délai, ne peuvent avoir sur la santé aucun résultat fâcheux, bien différens en cela des vins frelatés par l'addition de substances étrangères aux vins naturels qui, la plupart, ont sur l'économie animale une action plus ou moins nuisible.

Les altérations de cette nature se réduisent en général à l'emploi d'un petit nombre de substances, destinées la plupart à saturer en partie l'acide acétique du vin, lorsqu'il dépasse la proportion ordinaire, ou à augmenter l'intensité de sa couleur. Les vins qui ont subi cette espèce de falsification, à l'aide de sels alcalins (carbonate de potasse, de soude de chaux), ont presque toujours une saveur âpre et désagréable, quoique ordinairement on soit dans l'habitude de les réchauffer par l'addition d'une petite quantité d'eau-de-vie.

On reconnaît le vin dont on a saturé l'acide par le carbonate de chaux, à ce qu'il donne constamment un précipité d'oxalate

(1) Le petit alambic que nous venons de décrire peut servir à plusieurs autres usages, et, par exemple, à des essais sur la distillation des fleurs, à l'appréciation de la quantité d'alcool que l'on peut retirer du marc de raisin ou des pâtes de pommes de terre fermentées, lies de vin, etc. Dans ce cas, on fait usage, pour éviter qu'une partie de la matière ne soit brûlée, d'un petit disque en cuivre jaune, percé de trous comme une écumoire, et l'on ajoute en plusieurs fois une quantité d'eau suffisante pour qu'il en reste un excès après l'opération. On fait aussi une addition d'eau, si l'on doit essayer une liqueur plus riche en alcool que les vins ordinaires, et, si l'on a ainsi doublé le volume du liquide, on doit doubler le résultat alcoolique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de chaux lorsqu'on y verse une certaine proportion d'oxalate d'ammoniaque. A la vérité, le vin naturel, contenant aussi une petite quantité de tartrate de chaux, donnerait également lieu à un précipité; mais, dans ce dernier cas, le dépôt est à peine sensible, tandis que, dans le premier, il est très abondant (1).

Lorsqu'on suppose que l'acide du vin a été saturé par la potasse ou par la soude, il faut en évaporer une portion à siccité, mais sans torréfaction, puis traiter le résidu à froid par l'alcool à 40°, et évaporer cette solution à siccité; si l'acide du vin a été neutralisé avec la potasse, le résidu du liquide alcoolique contiendra de l'acétate de potasse reconnaissable à sa saveur piquante, à sa propriété d'attirer l'humidité de l'air, et surtout de répandre des vapeurs d'acide acétique lorsqu'on verse dessus de l'acide sulfurique; enfin, de donner, par la calcination, du carbonate de potasse. En outre, la solution peu étendue de l'acétate de potasse donne un précipité abondant de crême de tartre si l'on y verse de l'acide tartrique en excès.

Lorsqu'au contraire le vin aura été adouci par la soude, les réactifs que nous indiquons pour reconnaître l'acétate de potasse ne donneront que des résultats négatifs. Dans ce cas, au lieu de traiter le résidu de l'évaporation du vin par l'alcool à 40°, il faudra le traiter par l'alcool à 22° qui dissoudra l'acétate de soude. Par l'évaporation, on obtiendra un sel qui, délayé dans l'eau, filtré et rapproché lentement, donnera des cristaux d'acétate de soude d'une saveur légèrement amère et piquante. Ces cristaux, traités par l'acide sulfurique, devront répandre

(1) Afin d'être certain que le précipité fourni par l'oxalate d'ammoniaque est bien réellement dû à la chaux qui aurait été employée à la saturation de l'acide du vin, il faut évaporer une portion de ce dernier, de manière à le réduire au huitième de son volume environ, puis verser sur le résidu deux fois son volume d'alcool à 22°; on séparera de cette manière le sulfate et le tartrate de chaux qui auraient pu exister dans le vin, et l'on dissoudra l'acétate. Si l'on évapore avec précaution à siccité la dissolution alcoolique, et qu'on délaie le résidu dans l'eau, la nouvelle solution filtrée devra précipiter abondamment par l'oxalate d'ammoniaque, et présenter les autres caractères de l'acétate de chaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'odeur piquante de l'acide acétique. Exposés à la chaleur, ils se fondront dans leur eau de cristallisation, puis éprouveront la fusion ignée, et enfin ils devraient se décomposer et se transformer en carbonate de soude. Le résidu de cette calcination, traité par l'eau, donnera une solution alcaline qui, par l'évaporation et le refroidissement, laisserait des cristaux de CARBONATE DE SOUDE reconnaissables à leur saveur alcaline, à leur action sur la teinture de violettes ou de tournesol rouge, à l'effervescence qu'y déterminent les acides, et à ce que leur dissolution ne produit pas de précipité avec l'acide tartrique ni l'hydrochlorate de platine.

Vins adoucis par la litharge. On a conseillé différens procédés pour reconnaître la présence de la litharge dans le vin. Le procédé qui réussit constamment et ne laisse aucune incertitude sur la présence du plomb consiste à évaporer à siccité une portion du vin que l'on veut essayer, chauffer même assez fortement le résidu pour le charbonner, triturer ensuite ce résidu avec deux fois son poids de nitrate de potasse, et décomposer le mélange par la chaleur en le projetant par petites portions dans une capsule ou creuset de platine chauffé au rouge. Le nitrate brûle le charbon et le plomb qui pourraient y exister (1). Lorsque la matière a cessé de fuser, on traite le résidu par l'eau aiguisée d'une petite quantité d'acide nitrique pur et faible, jusqu'à ce qu'il soit entièrement dissous. On obtient ainsi une dissolution presque incolore, dans laquelle on reconnaîtra la présence du plomb, si elle précipite en blanc, par les sulfates et carbonates de soude de potasse et d'ammoniaque; en jaune, par le chromate de potasse, et en noir par l'hydrogène sulfuré et les hydrosulfates.

Coloration artificielle des vins. On admet assez généralement que la plupart des vins rouges doivent en partie leur couleur à des matières colorantes étrangères. S'il est vrai que, dans quel-

(1) Si la matière, après cette première déflagration, était encore fortement colorée en brun, on devrait y ajouter une nouvelle portion de nitrate et calciner de nouveau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ques contrées, on emploie à la coloration des vins des baies de sureau, d'ièble ou de troëne (1), il ne l'est pas moins que les marchands préfèrent souvent faire usage des vins d'Auvergne, de Languedoc et de Rousillon, pour réchauffer la couleur des vins et pour colorer les mélanges qu'ils destinent à être vendus au détail.

La grande analogie qu'offre la matière colorante des vins avec les matières colorantes que nous avons citées plus haut, et plus encore les variations que présente dans ses propriétés la matière colorante du vin naturel selon les circonstances locales, la durée de la fermentation, etc., rendraient très douteux les résultats des essais tentés pour les distinguer. On ne peut donc ajouter beaucoup de confiance aux divers moyens proposés pour distinguer les vins colorés artificiellement de ceux qui n'ont que la coloration naturelle aux variétés des fruits de la vigne. P.

Voici la description de plusieurs ustensiles dont nous avons parlé dans le cours de cet artiele.

La fig. 19, Pl. 90, montre le bondon vu en plan. Le cercle pointé *aa* est la partie inférieure et la plus étroite de la virole qui entre dans le trou de la bonde du tonneau.

Le cercle *bb* est la partie supérieure et la plus large de cette virole; il représente aussi le cylindre qui s'élève au milieu de l'entonnoir et sert à retenir l'eau lors des absorptions causées par le changement de volume ou de température du vin; *b' b''* est le rebord qui termine le cylindre.

Le cercle *ee'* représente la base de l'entonnoir, et *dd'* l'ouverture qui est terminée par le rebord *d' dd''*.

Le cercle pointé *ee'* est la projection du couvercle.

La projection verticale ou coupes sur la ligne A B du plan sont en élévation sur la fig. 13. Les mêmes lettres s'appliquent aux mêmes objets dans les trois figures.

(1) On prépare effectivement dans une partie de la Champagne, avec les baies d'ièble, de sureau, de troëne et d'airelle, les mûres et les prunelles, une liqueur fermentée destinée à augmenter la couleur des vins. Cette liqueur porte le nom de *vin de Fismes*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 3 montre la virole *a b*, qui entre dans le trou de bonde; le cylindre *b b*, qui en est une prolongation, et l'entonnoir *d, c, c', d'*, qui contient l'eau, formant la clôture hydraulique.

La virole est percée, vers sa circonférence, de quatre trous et fentes *m*, qui servent à donner passage à l'air sortant du tonneau, quand on le remplit. Sans ces ouvertures, lorsque le liquide toucherait le bas de la virole, l'air, emprisonné entre la surface du liquide et la paroi du tonneau, ne pourrait s'échapper; il deviendrait aussi impossible de remplir complètement le tonneau.

La ligne pointée *o, o'*, indique le niveau de l'eau que l'on met dans l'entonnoir.

La même montre le couvercle enlevé au dessus du cylindre; quand la bonde est fermée, le bord de ce couvercle repose sur l'entonnoir *i, i*.

On voit en *n* des trous percés circulairement au dessus du rebord du couvercle; c'est par ces trous que l'air pénètre dans le tonneau, lorsque le *vide*, la diminution de pression qui s'y fait, équivaut à une colonne d'eau plus haute que le cylindre *b, b*. L'introduction de quelques bulles d'air établit l'équilibre, et l'eau retombe dans l'entonnoir.

Lors de la fermentation, l'acide carbonique se dégage par ces mêmes trous *n*, au travers de l'eau, quand celle contenue entre le cylindre et l'intérieur du couvercle est refoulée jusqu'en *i*, et se trouve en dehors du couvercle dans l'entonnoir.

Cuves, citernes et foudres à fermentation, chauffés. Les fig. 6, 7, 8 et 9, Pl. 95, représentent ces grands vases dans lesquels la fermentation est à volonté excitée et soutenue à l'aide de la chaleur; précaution utile surtout lors d'un certain abaissement de la température, et relativement aux moûts naturellement sucrés, ou dans lesquels une addition de matière sucrée a été faite. La citerne en pierre, vue en élévation, fig. 6, et en coupe, fig. 7, est en grande partie enterrée; la cuve, fig. 8, et le foudre, fig. 9, sont munis, comme cette citerne, d'un appareil à circulation d'eau; les mêmes lettres indiquent, dans les 4 fig., les mêmes parties de cet appareil de chauffage. (*V.* pour plus de détails les articles CALORIFÈRE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et INCUBATION.) On voit que dans chacune il se compose 1° d'une chaudière A, de la partie inférieure de laquelle part un tuyau adapté par une bride *b* à un prolongement *c.d,e*, qui circule dans l'intérieur du vase (et immergé dans le moût lorsque la fermentation doit s'opérer); il revient au dehors s'adapter à un ajutage E, fixé à la partie supérieure de la chaudière ou au tuyau qui la surmonte. Lorsque le tuyau est horizontal, on doit y adapter, près du double coude, un petit réservoir à robinet H, dans lequel l'air et les gaz puissent s'accumuler sans interrompre la circulation.

Lorsque l'on veut communiquer de la chaleur au moût, l'appareil précité, chaudière et tuyaux, étant au préalable complètement remplis d'eau, on met le feu sous la chaudière, et dès lors l'eau échauffée, par conséquent plus légère, s'élève du fond, et est remplacée par l'eau affluente du tuyau inférieur; l'eau ascendante s'introduit dans le tuyau supérieur E; de là naît la circulation, qui continue tant que le feu est entretenu dans le foyer et communique graduellement l'élévation de température voulue.

Ce mode de chauffage n'a pas les inconvéniens d'élever trop ni trop brusquement la température, de coaguler l'albumine, ni d'altérer le ferment; il ne peut laisser craindre les mêmes irrégularités sous l'influence des soins, de temps à autres interrompus, que les appareils à vapeur ou air chaud.

Nous avons vu qu'un autre moyen d'échauffement des moûts s'emploie lorsque l'ébullition, qui sépare une grande portion de la matière azotée, n'est pas un inconvénient, du moins si l'on ne chauffe ainsi qu'une partie, un tiers ou un quart par exemple du moût, et que l'on entretienne ensuite la température à l'aide des cuves closes ou des halles bien fermées dont nous avons parlé.

Quelques outils, relatifs à la fabrication et au transvasement des vins, ont été perfectionnés récemment par M. Collardeau, rue du faubourg Saint-Martin, 56. Nous les décrirons dans un supplément à la fin de ce volume.

Nous indiquerons en terminant ici une nomenclature générale des vins des crus les plus estimés dans le commerce: ce sont,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour la France 1°, les vins rouges de *Bourgogne*, de *Chambertin*, du *Clos-Vougeot*, de la *Romanée*, de *Richebourg*, de *Vosne*, *Nuits*, *Pomard*, *Volnay*, *Beaune*, *Savigny*, *Meursauts*, *Migrenne*, *Coulanges*, *des Torins*; les meilleurs vins blancs de la même localité sont ceux de *Montracket*, *Combotte*, *Goutte-d'or*, *Tonnerre*, *Chablis*, *Pouilly*, etc.

2°. Les vins blancs de Champagne des crus d'*Aï*, de *Syllerie*, *Mareuil*, *Aveney*, *Damery*, *Hautvilliers*, *Dizy*, *Épernay*, *Cramant*, *Avize*, *Dumesnil*, et les vins rouges de *Verzy*, *Verzenay*, *Mailly*, *Saint-Bas-le-Bouzy*, *Saint-Thierry*, *Cumières*, *Chigy*, *Ludes*, *Taisy*.

3°. Les vins rouges de Bordeaux qui ont un bouquet agréable et une sorte d'âpreté légère caractéristique, les plus estimés proviennent des clos de *Lafitte*, de *Latour*, *Château-Margaux*, et des vignes du *Haut-Brion*; les bonnes qualités secondaires sont celles de *Margaux*, *Saint-Julien*, *Saint-Estèphe*, *Pouillac*, *Talens*, *Pessac*, *Mérignac*; la même localité donne les vins blancs de *Villenave-en-Rioms*, *Blanquefort*, *Graves*, *Sauterne*, *Barzac*, *Breignac*, *Pontac*, *Langon*, etc.

4°. Quelques vins du Périgord, dits de la *Terrasse*, *Pécharmont*, *Camprèus*, *Bergerac*, et les vins blancs de *Montbasillac*, *Saint-Nessans* et *Sancé*.

Les vins du *Dauphiné*, de l'*Hermitage*, de *Tain*, *Crozes*, *Merceurol*, *Revantin*.

5°. Dans le Lyonnais on cite les vins de *Sainte-Colombe*, *Côte-Rôtie*, *Condrieux*.

6°. Les vins rouges très alcooliques du Languedoc, parmi les plus fins et les plus estimés, sont ceux de *Tavel*, *Lirac*, *Saint-Geniès*, *Saint-Laurent-de-Carnols*, *Cornas*, *Saint-Joseph*, et les vins blancs liquoreux de la même province dits *muscats de Frontignan* et de *Lunelle*; enfin, les vins mousseux et non mousseux de *Saint-Péray*.

7°. Les vins rouges tres foncés en couleur de la *Provence*, de *la Gaude*, *Saint-Laurent*, *Cagnes*, *Saint-Paul*, *la Malgue*, et quelques vins *cuits* très estimés.

8°. Les vins du Béarn, notamment ceux des vignobles de *Jurançon* et de *Gan*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

9°. Les vins de *Collioure*, de *Bagnols* et de *Colperon*, en Roussillon, très foncés en couleur et spiritueux; le *muscat* de *Rive-Saltes*, l'un des meilleurs vins de liqueur.

10°. Plusieurs autres vignobles estimés en France, tels que ceux de *Chenas* et *Fleury*, dans le Beaujolais; de *Chanturgues*, près Clermont en Auvergne; le *cap Breton*, *Messange* et *Vieux-Bouceau* dans la Guyenne, *Turckeim*, *Biquewir*, *Ribauvillé*, *Ruffac*, *Molsheim*, en Alsace.

Parmi les vins étrangers, ceux dits de liqueur, en Espagne, connus sous les dénominations d'*Alicante*, de *Tinto*, *Rota*, *Malaga*, *Xérès*, *Paxaret*, *Grenache*, etc.

En Portugal, les vins de *Porto*, *Setuval* et *Lamalonga*, ont une certaine réputation; ils sont surtout utilisés pour l'exportation, et plus particulièrement en Angleterre, dans ce pays où les produits de nos vignobles trouveraient un débouché plus important encore, si les moyens d'échanges étaient bien réglés par les lois de douane.

Les vins de liqueur en Italie ont une grande renommée; au premier rang on place ceux dits de *Lacryma-Christi*, obtenus près du Vésuve; puis les vins blancs et rouges des environs du lac Averne, royaume de Naples; ceux d'*Albani*, *Montefiascone*, *Montalcino*, *Riminese*, *Ponti*, *Stéphano* en Toscane; *Malvoisie*, de *Canelli* et *muscats* de Cambave, en Piémont; le *Malvoisie* des îles Lipari; les *muscats* de Syracuse, en Sicile.

Le vin le plus fameux en Europe est celui de *Tokai*, récolté sur un coteau, en Hongrie; mais il est réservé pour les caves de l'empereur, et le commerce n'en reçoit qu'une deuxième qualité des vignobles voisins.

Les îles de Chypre, Malvasia, dans la Morée, de Scio, Candie, Ténédos, Santorin, dans l'Archipel, produisent de très bons vins de liqueur.

En Asie, beaucoup de localités offriraient de bons vignobles, si la religion des peuples ne s'opposait à la culture de la vigne; cependant on cite les vins de *Chiraz*, *Skamaki*, *Yessed*, en Perse; ceux de la vallée de Cachemire (empire des Afghans) et de Lahor (Indoustan).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les vignobles du cap de Bonne-Espérance, et surtout celui de *Çonstance*, planté par les Européens, ont une réputation méritée. Il en est de même des crus de plusieurs îles de l'Afrique, et notamment du vin de Madère. Sans doute nos cultures d'Alger fourniront dans quelque temps de nouveaux vignobles estimés.

Nous croyons devoir rapporter ici une table de M. Brande, sur la quantité moyenne d'alcool contenu dans diverses espèces de vins ; elle indique la quantité d'alcool à 0,825 de densité que 100 parties de vin contiennent.

Pour en ramener les nombres à exprimer de l'alcool absolu, dont la densité à 15°5 est de 0,793, il faudra les multiplier par 0,92.

La proportion d'alcool, que contient un vin du même pays, varie d'environ 1/10 autour de la moyenne, rapportée dans la table, pour la même année, et quelquefois pour 1/8 pour des années différentes. (*Voyez* le tableau à la page suivante.)

Nous terminerons par quelques détails sur les moyens proposés par M. Collardeau pour éviter au commerce, sinon la totalité des pertes qu'il éprouve par la casse des bouteilles, au moins, pour en diminuer l'importance.

Nous donnons, dans la planche 95 des Arts chimiques, l'appareil pour mesurer la résistance des bouteilles et autres vases de verre destinés à contenir les liquides sujets à la fermentation. La fig. 11 représente une pompe aspirante et foulante ; *a a* support en fonte, *y y* croisillon en fer servant de pied, *e* tuyau d'ascension. Le col de la bouteille pleine d'eau est serré par les branches *o* de la griffe ; on fait agir la tige *c* du piston de la pompe au moyen du levier *d*, et l'eau refoulée dans le tuyau *b c* arrive dans le chapeau *f*, *g* soupape, *h* levier inférieur.

Le jeu de ces pièces résulte d'un système d'autres pièces qui est indiqué par les fig. 12, 13, 14, 15 et 16.

Dans un premier supplément au Dictionnaire Technologique, nous donnerons de plus grands détails sur les inventions de M. Collardeau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS DES VINS.	Proportions d'alcool sur 100 parties de vin en volume.	NOMS DES VINS.	Proportions d'alcool sur 100 parties de vin en volume.
Lissa	25,41	Barsac	13,86
Vin de raisin sec	25,12	Tinto	13,30
Marsala	25,09	Champagne	13,80
Madère	22,27	Champagne mousseux	12,61
Vin de groseilles	20,55	Hermitage rouge	12,32
Xérès	19,17	Grave	13,37
Ténériffe	19,79	Frontignan	12,79
Colares	19,75	Côte-Rôtie	12,32
Lacryma-Christi	19,70	Vin de groseilles à maquereau	11,84
Constance blanc	19,75	Vin d'oranges fait à Londres	11,26
——— rouge	18,92	Tokay	9,88
Lisbonne	18,94	Vin de baies de sureau (elder-wine)	9,87
Malaga (de 1666)	18,94	Cidre le plus spiritueux	9,87
Bucellas	18,49	Cidre le moins spiritueux	5,21
Madère rouge	20,35	Poiré	7,26
Muscat du Cap	18,25	Hydromel	7,32
Madère du Cap	20,51	Ale de Burton (bière)	8,88
Vin de raisin	18,11	Ale d'Edinburg	6,20
Carcavello	18,65	Ale de Dorchester	5,56
Vidonia	19,25	Moyenne	6,87
Alba-Flora	17,26	Bière forte brune (brown-stout.)	6,80
Malaga	17,26	Porter de Londres	4,20
Hermitage blanc	17,43	Petite bière de Londres	1,28
Roussillon	18,13	Eau-de-vie	53,39
Claret ou vin de Bordeaux	15,10	Rhum	53,68
Malvoisie de Madère	16,40	Genièvre (gin)	51,60
Lunel	15,52	Wiskey d'Ecosse (eau-de-vie de grains)	54,72
Chiras	15,52	Wiskey d'Irlande	53,90
Syracuse	15,28		
Sauterne	14,22		
Bourgogne	14,57		
Hock (vins du Rhin)	12,08		
Nice	16,43		

V. comme complément de cet article, les mots FERMENTATION, BOISSONS, ALCOOL, ICHTYOLLE et CLARIFICATION. P.

VINAIGRE. On nomme ainsi le liquide acide que l'on obtient par une certaine altération du vin, et par extension on a donné

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le même nom à l'acide faible obtenu de la fermentation de diverses boissons ou liqueurs fermentées, notamment des CIDRES, BIÈRES, moûts de grains germés, de mélasse et sirops étendus; enfin on appelle encore vinaigre l'acide plus ou moins impur ou épuré qui résulte de la distillation du bois (*V.* ACIDE ACÉTIQUE.) Nous nous occuperons ici des vinaigres proprement dits, et d'abord de la préparation du vinaigre dans les vignobles: voici comme cela se pratique à Orléans.

On dispose dans un cellier, chauffé à volonté comme une ÉTUVE, de chaque côté, une rangée de tonneaux engerbés deux ou trois les uns sur les autres; chacun d'eux est perforé d'un trou de cinq centimètres de diamètre près de la partie supérieure de chaque fond. On préfère les tonneaux qui sont impreignés de vinaigre.

Lorsqu'un vinaigrier veut commencer une opération, les vaisseaux (tonneaux de 400 litres) étant bien lavés, on y verse une certaine quantité, environ 100 litres du meilleur vinaigre que l'on puisse se procurer, et que l'on a porté préalablement à la température de 35 à 40 degrés.

On chauffe l'atelier à 30° centésimaux; on ajoute dans chacun des vases 10 litres de vin soutiré à clair d'une grande cuve, remplie de copeaux de hêtre, sur lesquels la filtration et un dépôt s'opèrent, en même temps que le liquide est exposé à l'air par une grande surface. Tous les huit jours on ajoute 10 litres du vin jusqu'à ce que les vaisseaux soient remplis près des trous des fonds. Quinze jours après, on tire un tiers de la quantité de vinaigre que l'on remplace par une proportion égale de vin ajoute par 10 litres, tous les huit jours, et préalablemennt aussi passé sur des copeaux de hêtre, et on continue l'opération de la même manière sans interruption.

Un vaisseau ainsi monté peut durer huit à dix ans, sans que l'on soit obligé de le vider pour en retirer la *mère*. Le vinaigre de vin blanc est le plus estimé; on peut d'ailleurs décolorer le vinaigre de vin rouge par le CHARBON ANIMAL, lavé préalablement à l'acide; enfin, on enlève une partie de la couleur, en même temps que l'on clarifie le vinaigre en versant dans une pièce de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

230 litres un litre de lait écrêmé, agitant vivement et laissant déposer.

Ce procédé ne diffère de celui publié par Dingler, qu'en ce qu'on se sert dans celui-ci de l'alcool faible au lieu de vin et de vinaigre, et que l'opération est singulièrement hâtée par le contact multiplié que l'on procure au liquide avec l'air des vaisseaux, en les faisant passer sur des copeaux de bois de hêtre. Mais on pourrait se servir de vin, de bière et d'autres liqueurs fermentées, comme l'indique M. Dingler; seulement il serait nécesaire d'arrêter de temps à autre l'opération pour nettoyer les copeaux.

Ce procédé étant encore trop peu connu, nous croyons utile de le décrire ici.

On se sert d'eau-de-vie à 0,940 de densité (18 à 19° Cartier), et on opère à une température de 37 cent. environ : des tonneaux de 5 à 6 hectolitres de capacité sont remplis de copeaux de hêtre qui doivent être tassés et non foulés ; on verse dans chacun d'eux avec un arrosoir 18 litres d'eau-de-vie, contenant de 22 à 25° cent. d'alcool, et autant de ferment. Douze heures après, on soutire le liquide et on se sert de l'arrosoir pour le verser de nouveau sur les copeaux; douze heures après, on arrose les copeaux avec un litre et demi d'eau-de-vie et autant de ferment, et ainsi de suite; après quarante-huit heures l'acétification est achevée.

Les tonneaux doivent être munis de couvercles fermant bien. On ne laisse qu'une seule ouverture sur le côté, près de la bonde, pour permettre le renouvellement de l'air, sans lequel l'acétification n'aurait pas lieu.

Les copeaux de hêtre et particulièrement de hêtre rouge, dont on se sert, sont ainsi préparés : On fait bouillir les morceaux de bois dans l'eau où on les laisse tremper 24 heures, et on en fait des copeaux de 1/2 ligne d'épaisseur.

Pour disposer les vaisseaux, on les remplit de copeaux que l'on tasse sans les fouler. On les arrose avec douze litres de bon vinaigre; on élève la température de l'atelier à 32 degrés; on soutire chaque douze heures le liquide pour le verser de nouveau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur les copeaux; ils sont alors prêts à servir à l'acétification. On pourrait aussi faire bouillir les copeaux dans du vinaigre; mais ce procédé serait moins économique.

On acidifie facilement en 48 heures, par ce procédé, 24 litres de liquide composé de 18 litres d'eau, 3 d'eau-de-vie et 3 de ferment; mais si l'on emploie 20 litres d'eau-de-vie, 20 de ferment et 100 d'eau, et en faisant 3 arrosemens par jour, on acidifie le tout en huit jours.

Le ferment se prépare avec 75 livres de seigle moulu grossièrement, et 25 d'orge germé que l'on délaie, puis que l'on brasse avec 260 litres d'eau, maintenue à 80 c. pendant 3 heures; on ajoute alors 434 d'eau froide.

On fait arriver l'eau chaude dans la cuve; on brasse le mélange; on couvre et on abandonne le tout pendant une demi-heure; on brasse alors fortement et fréquemment pendant deux heures et demie, et on introduit peu à peu la quantité d'eau froide en agitant toujours, et on met en levain avec 4 litres de levure. Quand le mouvement tumultueux de la fermentation alcoolique est terminé, on tire au clair, puis on verse la liqueur dans un tonneau, en y mêlant, par exemple, de l'eau-de-vie à 18 ou 19° Cartier. Ce liquide peut se conserver huit jours; on doit donc en préparer seulement la quantité utile pour une semaine.

Cadet-Gassicourt indique l'emploi et les proportions de diverses substances dont on peut se servir pour transformer l'alcool en acide acétique, et il résulte de ses essais que l'alcool faible est facilement transformé en vinaigre sous l'influence du mucilage, de la levure, de l'empois et de *l'extractif*: il annonce que, pour se procurer du vinaigre dans toutes les localités, un procédé, qui réussit très bien, consiste à faire un des mélanges suivant: eau, 2145, sucre, 245, gomme, 61, levure, 20, à la température de 20° environ; la fermentation commence le jour même, se termine en quinze jours environ, et donne un vinaigre très fort, d'où l'alcool précipite 30,5 de gomme; ou un autre mélange formé, par la même quantité d'eau, de 306 grammes de sucre, 12,25 de mucilage, et 20 à 22 de ferment: la fer-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mentation s'établit dès le premier jour, et, au bout de douze, elle est terminée, et donne un vinaigre très fort, d'où l'on peut précipiter une petite partie du mucilage qui n'a pas disparu.

M. Chaptal indique le procédé suivant pour obtenir du vinaigre : 1 litre d'alcool à 12° 15 grammes de levure et un peu d'amidon converti en empois ; en 5 jours, à une température convenable, on obtient un bon vinaigre; presque tout l'alcool a disparu, pourvu qu'il y ait eu contact de l'air.

Un litre d'eau, 25 grammes de levure et un peu d'empois, produisent aussi du vinaigre à peu près dans le même temps, mais l'acidité est beaucoup moins forte (1).

M. Mitscherlich a fait connaître à Paris que, dans beaucoup de villes d'Allemagne, on ne fabrique pas autrement le vinaigre qu'en faisant couler lentement d'un réservoir, par le moyen d'une corde de chanvre, dans des tonneaux fermés, un mélange d'alcool à 54 dégrés centésimaux, une partie; eau, 9 parties, et ferment (soit de l'extrait de pommes de terre), dont la petite quantité est loin de pouvoir représenter l'acide acétique produit. Ces tonneaux sont munis de tubes, au moyen desquels on y entretient un courant d'air non interrompu ; et la fixation de l'oxigène est tellement accélérée, que la température s'élève rapidement de 10 à 30° ; mais on la fixe à 20 environ pour la meilleure réussite de l'opération, en fermant une partie des tubes qui apportent l'air. Cette opération peut donc être regardée comme une véritable combustion.

M. Aubergier de Clermont, voulant, apprécier ce qui se passe dans l'acétification du vin, a rempli de rafles nouvelles un tonneau défoncé de la contenance d'un hectolitre et l'a empli ensuite aux 7/8 de moût de raisin, dont il a soutiré tous les matins un 1/2 litre qu'il reversait sur les rafles. Lorsque la fermentation alcoolique fut achevée, la masse resta en stagnation pen-

(1) M. Chaptal a remarqué que des vins très vieux qui ont déposé une grande partie de la substance azotée qu'ils renfermaient passent très difficilement à l'aigre; mais ils deviennent susceptibles de s'acidifier très promptement, quand on les fait macérer sur des feuilles ou des ceps de vigne, etc., etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dant six jours, après lesquels elle s'échauffa de nouveau très rapidement, et l'arrosement fut renouvelé trois fois par jour avec une plus grande quantité de liquide; huit jours après, le liquide soutiré n'offrait encore aucune trace d'acidité, tandis que la surface était convertie en vinaigre. Depuis, l'auteur a observé le même fait, non seulement dans ses expériences, mais encore dans des foudres de vin passant à l'aigre. Toujours il a vu l'acidité commencer par la superficie et descendre peu-à-peu jusqu'au bas; lorsque l'acétification a été complète, les rafles se sont refroidies, mais avant qu'elles le fussent entièrement, le vinaigre fut soutiré et remplacé par du vin; alors la rafle s'échauffa de nouveau, etc. Cette opération, continuée pendant 3 mois, a produit 450 litres de très bon vinaigre, et l'auteur pense qu'il aurait pu en fabriquer toute l'année avec le même succès, car la dernière opération fut encore plus prompte que les autres, en ajoutant dans son procédé (un tonneau rempli de rafles de raisin) une certaine proportion d'alcool au vin ou au vinaigre (par exemple un litre d'esprit trois-six sur 6 litres de vin ou de vinaigre); il est arrivé à donner à son produit plus du double de la force du vinaigre d'Orléans. Ce procédé simple d'exécution pourrait offrir quelques avantages, surtout pour une fabrication d'une échelle peu étendue.

Les fabricans de vinaigre sont quelquefois étonnés d'avoir des mères qu'ils appellent paresseuses, parce qu'elles suspendent tout-à-coup leurs fonctions. On a fait remarquer que cela n'est pas très étonnant d'après la facilité avec laquelle cette stagnation peut être provoquée par un courant d'air froid dirigé sur un tonneau par des portes entr'ouvertes ou mal jointes, ou bien encore si la fermentation se trouve trop avancée, que le mouvement soit presque achevé, et que l'on mette du vin dont la température soit beaucoup moins élevée que celle de la *mère*. Il n'en faudra pas davantage pour ralentir et même anéantir la fermentation. Afin de prévenir ce désagrément, il faut continuellement observer la marche de l'acétification, éviter l'impression froide de l'air ambiant, et avoir du vin de quelques jours dans la vinaigrerie, lorsque l'on veut tirer du vinaigre,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour ne pas mettre dans la mère un liquide à une température moins élevée que celui qu'elle contient. Il faut encore veiller continuellement à ce que l'acétification ne se ralentisse pas.

La mère du vinaigre, que l'on regarde vulgairement comme susceptible de favoriser et de développer l'acétification, ne sert donc à cet usage que par le vinaigre dont elle est pénétrée, ainsi que l'a fait bien remarquer M. Berzélius; et comme il l'indique aussi, quand cette substance a été bien lavée elle n'a plus d'action sur le vin pour développer l'acétification; il est donc utile de déterminer la quantité de vinaigre que renferme la mère dont on fait usage.

La théorie de l'acétification laisse encore beaucoup à désirer, et sans doute lorsqu'elle sera mieux exposée, la fabrication du vinaigre deviendra plus rationnelle; nous ajouterons aux détails qui précèdent, la plupart extraits d'un concours à la Société de Pharmacie de Paris, l'opinion suivante des commissaires, qui d'ailleurs n'ont pas trouvé la question résolue :

« Ce n'est pas le ferment qui détermine l'acétification de l'alcool, c'est le ferment agissant sur des corps sucrés et produisant la fermentation alcoolique; mais pour que cette action ait lieu avec avantage, il faut, ainsi que l'a entrevu l'auteur du mémoire n°. 5, que la fermentation alcoolique, devenue insensible par l'épuisement de la plus grande partie des matières qui lui servaient d'alimens, soit ranimée par l'élévation de la température et par les autres circonstances favorables dont on l'entoure. »

M. Berzélius admet que l'alcool ne s'acidifie pas seul, quelque étendu qu'il soit; qu'il a besoin, pour éprouver cette transformation, de la présence d'un ferment; que l'acide acétique lui-même peut servir de ferment ou de moteur à cette transformation; que la substance mucilagineuse, nommée *mère de vinaigre*, est impropre par elle-même à l'acétification de l'alcool, et n'agit que par l'acide acétique qu'elle contient.

Enfin, quoique l'alcool soit le corps qui serve principalement d'aliment à la fermentation acide, M. Berzélius reconnaît que plusieurs autres matières sont susceptibles de subir l'acétification sans fermentation alcoolique préalable; telle est la gomme et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tel est même le sucre, qui, sous l'influence de certains principes, peut se convertir directement en acide acétique (1).

Depuis que la fabrication du vinaigre de bois (*V.* ACIDE ACÉTIQUE) a reçu de notables perfectionnemens en France, cet acide, dont la force peut aisément être trouvée dans le commerce égale à sept ou huit fois celle du bon vinaigre d'Orléans, est fort utile pour améliorer les vinaigres faibles ; c'est en effet une de ses principales applications : on s'en sert aussi pour fabriquer les ACÉTATES. (*Voyez* ce mot.)

Les divers usages du vinaigre sont bien connus : on sait qu'il contribue à l'assaisonnement d'une foule de mets; qu'il entre dans plusieurs composés destinés à la conservation des viandes; qu'il sert à confire divers fruits verts et des légumes peu volumineux destinés au service de nos tables; enfin les pharmaciens, les confiseurs et les parfumeurs, en font des préparations médicamenteuses ou aromatiques dont nous citerons les principales.

Lorsque les vinaigres ainsi *composés* doivent être préparés avec des substances fraîches et par macération, ces substances leur fournissent de l'eau qui affaiblit l'acide, c'est-à-dire le principe conservateur. On obviait autrefois à cet affaiblissement, et l'on maintenait l'équilibre, en ajoutant à ces vinaigres un peu d'alcool; mais, lorsqu'on eut remarqué que cela donnait lieu à la formation d'une petite quantité d'éther acétique, on remplaça l'alcool indiqué dans les formules par une quantité d'acide acé-

(1) M. Berzélius établit ainsi qu'il suit la théorie du résultat final de l'acétification : Une liqueur alcoolique dans laquelle la fermentation vineuse est terminée, peut subir la fermentation acide en absorbant l'oxigène de l'air qui, se combinant avec l'alcool, donne l'acide acétique. Voici la théorie de cette opération : L'alcool = O^2 C^4 H^6, l'acide acétique = O^3 C^4 H^6 ; il en résulte que, lorsqu'un atome d'alcool a cédé tout son hydrogène à l'air pour former de l'eau, et qu'on joint ce qui reste à 1 atome d'alcool non décomposé, on a O^2, C^4, H^6 auquel il ne manque qu'un atome d'oxigène pour former de l'acide acétique. Cet atome d'oxigène est absorbé en même temps, et l'on a de l'acide acétique. Dans cette opération, on obtient donc 1 atome d'acide acétique et 3 d'eau, avec 2 atomes d'alcool et 4 atomes d'oxigène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tique concentré (ou vinaigre de bois), égale à celle de l'alcool qu'on aurait employé.

Les vinaigres médicinaux sont divisés en *simples* et *composés*. Les premiers ne contiennent que les principes d'une seule substance (le vinaigre scillitique); les seconds en recoivent de plusieurs (le vinaigre antiseptique).

Vinaigre antiseptique, vinaigre aromatique à l'ail, vinaigre des quatre voleurs. On prend les sommités sèches de grande absinthe, de petite absinthe, de romarin, de sauge, de menthe aquatique, de rue, de chaque, 64 grammes (2 onces); ail, racine d'acore odorant, écorce de cannelle, girofle, noix muscade, de chaque, 8 grammes (2 gros); vinaigre rouge, 4 kilogrammes (8 livres). On concasse la cannelle, on râpe la muscade, on broie l'ail dans un mortier de marbre, on coupe les plantes en morceaux; on introduit toutes ces substances dans un grand matras; on ajoute le girofle entier, puis le vinaigre; on laisse macérer le tout pendant un mois; on passe ensuite avec expression; on filtre, et l'on ajoute à la liqueur filtrée : camphre, 16 grammes (4 gros), dissous dans suffisante quantité d'alcool; acide acétique, marquant à l'aréomètre 10°. 16 grammes (4 gros); on agite et l'on conserve dans un vase bien fermé. Cette préparation est employée comme prophylactique, mais surtout en la respirant comme moyen de masquer les odeurs désagréables, ou pour faire recouvrer la connaissance aux personnes tombées en syncope.

Vinaigre aromatique à l'estragon. Feuilles d'estragon récentes mondées, 500 grammes (1 livre); vinaigre très fort, 5 ou 6 kilogrammes (10 à 12 livres); faites macérer pendant 15 jours, passez et filtrez.

Vinaigre camphré. Ce vinaigre, employé aux mêmes usages que le vinaigre antiseptique, s'obtient ainsi : on prend, camphre, 4 grammes (1 gros); on le réduit en poudre dans un mortier de verre ou de porcelaine, en se servant de quelques gouttes d'alcool ou d'éther; lorsqu'il est pulvérisé, on ajoute peu à peu l'acide acétique; on introduit ensuite le tout dans un flacon; après quelques jours de contact, on filtre, et l'on conserve dans des flacons bien bouchés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vinaigre colchique. Ce vinaigre, qui sert à préparer l'oximel colchique, s'obtient en agissant ainsi : on prend les bulbes récentes ; on les coupe, on les met en macération avec le vinaigre dans les proportions suivantes : bulbes récentes de colchique, 32 grammes (1 once); vinaigre fort, 384 grammes (12 onces); au bout de huit jours, on passe et l'on filtre.

Vinaigre de framboise : vinaigre framboisé. Framboises fraîches séparées des calices, 1500 grammes (3 livres); vinaigre rouge de bonne qualité, 1000 grammes (2 livres); on laisse en macération pendant quatre à cinq jours, on passe sans exprimer, et l'on filtre ; ce vinaigre sert à la préparation du sirop de vinaigre framboisé. On prépare par le même procédé les vinaigres des autres fruits.

Vinaigre de lavande. Fleurs sèches de lavande, 250 grammes (8 onces); vinaigre fort, 4 kilogrammes (8 livres); on laisse macérer pendant quinze jours, dans un vase fermé, en agitant de temps en temps ; on passe ensuite et l'on filtre. On prépare de la même manière les vinaigres avec les fleurs d'œillet, de romarin, de roses (ou rosat), de sauge, de sureau, etc. P.

VIOLON, QUINTE, VIOLONCELLE, CONTRE-BASSE (*Arts physiques*). La belle qualité des sons du violon, l'étendue de son diapazon, la grande variété des traits qu'il peut rendre, l'expression que l'artiste peut donner à son exécution, l'ont fait appeler *le roi des instrumens.* Le *violoncelle* n'est qu'un violon d'un patron beaucoup plus grand, qui est destiné à rendre des sons plus graves ; c'est l'accompagnateur obligé de toute musique d'orchestre ; il ne se borne pas à faire entendre les sons fondamentaux de l'harmonie, car l'artiste sait en tirer des sons aigus et mélodieux, et les chants qu'il lui fait exprimer sont d'une douceur délicieuse : le violoncelle est aussi appelé *basse,* du nom de la partie musicale qu'il exécute le plus ordinairement. La *quinte,* qu'on nomme aussi *alto, alto-viola*, a son patron intermédiaire entre ceux du violon et de la basse, et rend des sons tantôt graves, tantôt aigus, dans les limites de son diapazon.

Ces instrumens sont montés de quatre cordes, qu'on tend de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manière à leur faire rendre *à vide* des sons à la quinte, *sol, re, la, mi* pour le violon, *ut, sol, re, la* pour les deux autres. Le *sol* du violon est une *corde filée*, c'est-à-dire recouverte d'un fil de laiton très fin qui en accroît la masse, et le rend propre aux sons graves; *l'ut* et *le sol* de la quinte et du violoncelle sont des cordes filées. La plus fine des cordes de ces trois instrumens est appelée *chanterelle*. Les *la* à vide de l'alto et du violon sont à l'unisson; celui de la basse est à l'octave au dessous, sa longueur est double des *la* de violon, sous une tension peu différente et une masse un peu plus considérable. Ainsi, les quatre cordes à vide de l'alto sont à l'octave aigue de celles de la basse, et à la quinte de celles du violon.

La *contrebasse* n'est montée que de trois cordes à l'octave au dessous de *sol, re, la* du violoncelle; son patron est beaucoup plus grand et ses cordes très massives.

Comme ces instrumens sont construits d'après les mêmes principes, et ne diffèrent que par leurs grandeurs, nous ne parlerons ici que du violon, la fabrication des autres étant absolument la même.

C'est en France que le violon a été inventé; mais dès 1550 les deux frères *Amati* de Crémone, et ensuite leurs enfans, se sont rendus célèbres dans l'art de le fabriquer. Le plus illustre des luthiers est un des élèves de ces derniers, *Stradivarius*, vers 1720; les *Guarnerius*, et ensuite *Steiner*, *Maggini*, etc., ont soutenu la réputation des artistes de Crémone. Les instrumens de Stradivarius sont les plus estimés de tous; on les vend depuis 2000 fr., jusqu'à 6 et 10 mille francs, et même plus encore. Plusieurs luthiers français se sont aussi distingués dans leur arts. *Pichl*, *Loupot*, etc., ont mérité leur renommée, et, de nos jours, M. *Wuillaume* réussit à tel point dans ce genre d'industrie, que ses violons n'ont absolument aucune différence de forme, de couleur, de qualité de son, avec ceux de Stradivarius, et les plus habiles maîtres parviennent difficilement à les en distinguer. Un genre de fabrication qu'il ne faut pas dédaigner est celle de Mirecourt, où une population entière vit de cette industrie, et fait par semaine 300 instrumens, où à ar-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chet, outre des guitares, des orgues et des serinettes. Ces violons à très bon marché sont employés par les ménétriers; ils coûtaient autrefois de 3 à 12 fr., et aujourd'hui qu'on les exécute mieux, ils valent de 10 à 60 fr.

En faisant la part de l'engouement pour les instrumens des fameux luthiers, on ne peut se dispenser de convenir que la qualité de sons de leurs violons, basses et alto, est vraiment supérieure. Les instrumens modernes ont ou une chantrelle faible et sans éclat, ou des sons graves trop sourds, ou même certaines notes intermédiaires qui sortent mal. Aussi les artistes savent-ils reconnaître, et souvent à la seule vue, les Amati, les Stradivarius, les Guarnerius, etc. On a toujours vainement cherché les conditions auxquelles on doit attribuer la qualité de son des instrumens; mais les expériences de MM. Chanot et Savart n'ont pas encore permis de répondre à cette question. Le choix des bois, leur complète dessication, la proportion d'épaisseur, et même le travail spontané de la nature, qui, par l'usage, habitue l'instrument à vibrer de mieux en mieux, contribuent, autant que la forme des parties, à donner aux sons de l'égalité, de l'éclat, de la force, de la douceur et de la pureté. Et si M. Wuillaume a trouvé le secret de son art, il n'a pas jugé à propos de le communiquer au public.

La force de traction des cordes de violon dépend de leurs grosseurs et des tons qu'elles rendent. (*V.* Cordes.) On estimait autrefois que, pour tendre une chanterelle à son ton, il fallait la tirer par une force équivalente à un poids de 19 livres, la deuxième par un poids de 17, la troisième par un poids de 15, la quatrième par un de 13; en tout 64 livres. Mais le diapazon s'étant un peu élevé, et la grosseur des cordes s'étant accrue, on trouve que ce poids n'est pas maintenant moindre de 40 kilogrammes; plus anciennement il n'était que de $23\frac{1}{2}$. Au reste, ce n'est pas ce poids que la table supporte, car le chevalet n'interrompant qu'à peine la direction rectiligne des cordes, la composante perpendiculaire à la table n'est pas très considérable.

Le violon est composé d'un corps ou *caisse* et d'un *manche*. La caisse est formée de deux *tables* ovales, parallèles, égales, un peu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bombées, et à bords chantournés en croissant vers le milieu, pour livrer passage à l'archet quand il attaque l'une des deux cordes extrêmes. Ces tables sont maintenues à distance l'une de l'autre par des bandes ou *éclisses* en hêtre; elles enceignent toute la caisse et en contournent toutes les sinuosités.

La table d'harmonie est celle de dessus; on la fait en sapin très sec, d'un grain extrêmement fin et sans résine; cette table est amincie en certains endroits, et renfoncée d'un épaulement intérieur, pour servir d'appui au talon du manche. On pratique à cette table deux *ouies*, ouvertures en S, pour faciliter les mouvemens de l'air.

Au dedans du violon est *la barre*, petite lame de bois collée dans la longueur de la table d'harmonie, pour intercepter les vibrations longitudinales, et renforcer l'instrument; et en outre *l'âme*, qui est un petit bâton debout, destiné à résister à la pression des cordes, et qu'on établit, sans colle, presque sous le chevalet et la chanterelle.

La table de dessous est ordinairement en hêtre; on la fait de deux pièces collées selon la longueur et dans le sens des fibres du bois.

Dans les violons faits avec soin, les élévations et courbures des tables s'obtiennent en travaillant le bois avec différentes sortes de rabots et de racloirs : mais dans ceux qu'on livre à bas prix, on se contente de soumettre les tables à la pression sur des moules chauffés. Les éclisses sont courbées à chaud en s'aidant de l'humidité.

Le manche est en bois; on en colle le talon au bout de la caisse sur le renforcement ou épaulement de la table : il est terminé en volute, et creusé d'un large sillon ou mortaise; c'est le *sommier*. Quatre chevilles, deux à droite, deux à gauche, traversent ce sillon (*V.* CHEVILLES) : leurs têtes sont rondes et plates, pour être facilement saisies par les doigts, et tournées, en surmontant le frottement qui les retient; elles sont destinées à tendre les cordes qui passent dans la mortaise du manche.

Une pièce plate et oblongue, appelée *queue*, est attachée par un bout de grosse corde à boyau, à un bouton dont la queue est en-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trée dans l'éclisse et son renforcement, à un bout de la caisse. Cette queue fournit les points d'attache d'un bout des quatre cordes, qui, par l'autre bout vont s'enrouler sur les chevilles, et recevoir le degré de tension voulu. Une lame de bois, appelée *chevalet*, est placée debout sur la table d'harmonie, pour en éloigner les cordes. Tout en haut du manche, et au bord de la mortaise, est un petit filet d'ivoire proéminent, nommé *sillet*, qui porte aussi la pression des cordes, et est retenu en outre par de la colle, en sorte que les quatre cordes sont également longues entre le chevalet et le sillet; les sons par quintes justes qu'on les amène à rendre sont le résultat de leurs grosseurs, de leurs masses, et des tensions différentes auxquelles on les soumet.

Une longue lame de bois d'ébène, appelée *touche*, est collée sur le manche, et le dépasse en s'avançant jusqu'à une petite distance du chevalet, et se tenant sous les cordes, qui sont disposées parallèlement entre elles et à la touche. Il ne faut pas que les cordes en soient trop rapprochées, parce que leurs vibrations y friseraient, ni trop éloignées, pour que les extrémités des doigts n'éprouvent pas de fatigue à les presser sur la touche : car il est inutile de dire que le violon se joue en tenant le manche dans la paume de la main gauche, passant sous le menton la partie de la caisse où se trouve la queue et son bouton : on attaque les cordes avec un ARCHET qu'on tient entre les doigts de la main droite, tandis que les extrémités de ceux de la main gauche, venant presser les cordes sur la touche en différens points, les accourcissent au degré qui convient pour rendre les sons déterminés, dans l'échelle diatonique, par la musique qu'on veut exécuter. L'archet, enduit de colophane, fait vibrer les cordes, et l'air, acceptant ces vibrations, fait entendre les résonnances (*V.* CORDES VIBRANTES et SON).

Le bois du violon est enduit à l'extérieur d'un vernis à l'esprit de vin, dont on y applique différentes couches avant d'en réunir les pièces. Les tables, les éclisses et le manche sont maintenus ensemble par des tasseaux et de bonne colle forte. On serre les parties avec des *happes* ou petites presses mobiles, à vis en bois, jusqu'à ce que la colle soit bien sèche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne dirons rien des divers marquetages dont on enrichit la queue, les chevilles et l'archet, soit en or, soit en argent, ou en nacre de perles; ni des filets qu'on incruste en contournant les bords des tables, et y creusant des sillons avec le trusquin. On conserve l'instrument à l'abri des injures de l'air, dans une boîte garnie de flanelle, où l'on ménage une place pour les archets, et des cases pour recevoir la colophane, les sourdines, les cordes de rechange, etc.

Il résulte des expériences de Chladni que les tables entrent en vibration, quand on fait vibrer les cordes, ou l'air, ou même quand on attaque ces tables avec un archet: des poussières, répandues à leur surface, se meuvent, et en se déplaçant, se rangent en courbes sur les parties restées immobiles: ces figures curvilignes servent à reconnaître la nature des vibrations. M. Savart a tiré parti de ces observations, et a examiné dans quelles conditions les sons des violons sont les plus purs et les plus agréables. Il a remarqué que, 1° les inégalités d'épaisseur des plaques de bois nuisent à la régularité des figures que produit le sable répandu sur les surfaces vibrantes, tandis qu'une grande égalité d'épaisseur conduit à une conséquence inverse;

2°. Deux plaques égales de formes et d'épaisseurs produisent les mêmes courbes;

3°. La transmission des vibrations par l'ame est très puissante; ce qui conduit à déterminer les meilleures positions de l'ame et de la barre;

4°. Toutes les parties d'un violon qu'on joue entrent en vibration, chacune à sa manière.

Recherchant ensuite la forme la plus avantageuse à l'égalité et à l'ampleur des sons, M. Savart arrive à blâmer la forme bizarre qu'on donne aux violons. Il veut que les tables soient exactement planes et non rabotées; que les fibres ligneuses restent intactes, pour que les vibrations soient régulières: seulement il ménage plus d'épaisseur à la partie qui, sous le chevalet, porte l'effort de pression des cordes, et la diminue légèrement, mais avec symétrie, vers les bords. Il fait ses tables de deux pièces qu'il tire d'une même planche fendue dans le sens des fibres lon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gitudinales : il ne veut pas de ces chantournures en croissant qui déforment les tables, et que le jeu de l'archet exige, etc.

Des violons construits par M. Savart, sur ces principes, ont été jugés excellens par les savans et les artistes, qui ont même déclaré que ces instrumens étaient comparables à ceux des meilleurs maîtres. Des auditeurs exercés ne pouvaient en faire la distinction, pour la qualité de son, lorsqu'on plaçait les instrumens hors de la vue. Mais la forme des violons de M. Savart n'a pas convenu aux musiciens, qui ont trouvé incommode de ne pouvoir donner à leur archet la direction à laquelle ils étaient accoutumés. Ces instrumens ont la formè de trapèzes réguliers, dont le plus petit des côtés parallèles est près du manche. Le chevalet est assez élevé pour que le défaut d'échancrures soit moins gênant. Probablement l'habitude et l'esprit de routine ont privé M. Savart des succès que méritaient ses innovations. Il est du moins certain que ses intéressantes recherches, publiées en 1819, dans un Mémoire à l'Académie des Sciences, sont propres à guider les habiles luthiers dans des travaux ultérieurs, qui porteront les instrumens à archet au plus haut degré de perfection dont ils soient susceptibles.

Le violon de M. Chanot offre avec le violon ordinaire beaucoup moins de différence que celui de M. Savart, et plusieurs de ses instrumens sont en usage et estimés des artistes ; il paraît avoir été bien inspiré dans les modifications qu'il a apportées à la forme reçue ; il supprimait, il est vrai, l'ame, ce qui avait l'inconvénient de donner plus de force aux sons aigus, et d'affaiblir les sons graves, contrairement à l'opinion que l'auteur avait adoptée : ce changement n'étant pas heureux, on y a renoncé. Il remplace les chantournures en croissant des deux tables par une courbure concave adoucie ; il ne se sert pas de queue, et attache les bouts des cordes sur la table, à 3 ou 4 pouces en arrière du chevalet ; tout cela est semblable à ce qu'on fait pour la guitare. Enfin, il donne aux ouïes une disposition particulière. Des préventions sans motif ont été cause du peu de succès de ces innovations, quoique de très bons instrumens aient été construits d'après ces principes. Il paraît que le propriétaire d'un violon attache une estime d'amour-propre à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un instrument auquel il peut, bien qu'à tort, donner un nom d'auteur célèbre, et ce mensonge innocent est impossible pour les violons de M. Chanot. Il y a lieu de croire que si M. Wuillaume voulait en fabriquer sur ce modèle, il réussirait à détruire le préjugé. FR.

VIS (*Arts mécaniques*). Nous commencerons par traiter des vis en fer qui servent à assembler et fixer les pièces d'un ouvrage. La plus ordinairement employée a ses filets triangulaires; elle doit présenter un angle vif, tant sur le sommet du pas qu'au fond, et la profondeur doit être au moins égale à la hauteur du pas. On les fait avec une *filière*, qui se compose d'un châssis en fer *l* (fig. 7, pl. 68, Arts mécaniques) armé de deux manches opposés; ce châssis est percé au milieu d'un trou en trapèze, taillé en coulisse, dans lequel on place les *coussinets* d'acier. On recouvre ces coussinets de plaques *m m* pressées par les vis *n n*, dont l'écrou est taraudé dans le châssis; elles retiennent les coussinets dans leur coulisse, laquelle est terminée par deux écrous que deux vis *p* entraînent pour rapprocher les coussinets. (*V.* FILIÈRE.)

Il y a aussi des filières simples qui sont des plaques d'acier dans lesquelles on a percé des trous de différentes numéros; elles ne font que de petites vis. On prépare d'abord la tige qu'on veut fileter en la passant dans les plus gros numéros, et on la finit ensuite dans les numéros moindres.

Les *tarauds* (fig. 8) sont des vis en acier qui servent à former le filet des écrous: on enlève quatre faces à la lime jusqu'au fond du filet, et on trempe. Les bords coupans mordent dans le fer et l'acier non trempé, et on fait ainsi les écrous et les coussinets.

On comprend qu'en s'aidant des manches EE comme de leviers, et faisant tourner la filière par son axe, on force le brin de fer cylindrique, qui est fixement maintenu et passé dans les coussinets, ou dans le trou de la filière, à entrer en hélice, et que la vis se trouve ainsi fabriquée. Bien entendu qu'on a dans l'atelier une série de tarauds et de coussinets pour les vis de différentes grosseurs.

De toutes les filières à coussinets, la plus commode est celle de M. Paulin Désormeaux, fig. 9. A est la cage, B sont les coussinets diversement évidés à l'endroit des filets; c'est une cale appuyant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur les coussinets, et formant écrou sous la vis de pression D. Cette cale (fig. 10), et les coussinets, sont retenus dans la cage par une rainure *a* et faite sur un de leurs côtés; les joues de ces rainures portent des entailles *b* qui correspondent à d'autres semblables pratiquées sur les bords intérieurs de la cage, à l'endroit par lequel on y introduit les coussinets; E, poignées pour manœuvrer l'outil. On voit que, par cette disposition, il suffit que la vis ait fait un tour, quoique le pas en soit très fin, pour que la cale (ou le coussinet) se trouve engagé et conduit dans toute sa longueur. Cette filière, moins lourde et moins coûteuse que les autres, permet à l'ouvrier de fileter jusqu'au près des embases, d'apprécier par le tact la position relative de la tige à tarauder, et d'offrir le moyen de corriger la mauvaise direction que l'outil aurait prise.

La tête de la vis a dû être avant tout aplatie au marteau à un bout de la tige, puis fendue à la lime plate et coupante. La fente est un sillon étroit et profond, où l'on passe le bout du tournevis, pour faire entrer de force la vis dans un trou pratiqué avec la vrille ou le forêt, sur le bois ou le fer des pièces qu'on veut joindre ensemble.

Chaque ouvrier fait lui-même les vis dont il a besoin pour son ouvrage; mais, pour la vente commerciale des vis à bois et autres, il existe des fabriques où l'on exécute en grand des vis de tous numéros. Telle est celle de MM. Jappy frères, dont les produits sont remarquablement bons et à très bas prix. Ils en livrent au commerce de tous numéros, pour les serrures, la menuiserie, la garniture des talons et semelles de souliers, etc. MM. Jappy font les vis avec une machine qu'on trouvera décrite et figurée, T. VIII des Brevets d'invention. Les pas sont taillés sur un tour avec des burins, et les vis sont admirablement exécutées.

Quant aux belles vis en acier et en fer qui servent aux balanciers, aux machines à diviser, et aux autres grands appareils, comme les diamètres en sont très forts, qu'elles sont très longues, qu'il faut que les pas en soient extrêmement réguliers, leur exécution exige beacoup de talent, et il y a peu d'ouvriers qui soient capables de les faire. C'est au tour qu'on les exécute, avec un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

burin. (*V.* l'art. TOUR, etc.) Le tour à fileter les vis de M. Calla, Bulletins de la Société d'Encouragement, T. XXIX, p. 419, année 1830. Le pas est triangulaire ou carré, selon la destination de la vis. Nous reparlerons plus loin de cette opération.

Pour assurer l'effet des grandes vis et les empêcher de prendre un mouvement de ballotage dans leur écrou, on y fait deux filets, c'est-à-dire que le cylindre qui porte la vis, au lieu d'être recouvert d'un seul filet en spirale, en porte un second, dont les contours occupent l'espace intermédiaire entre les pas du premier filet. Cette condition, qui présente de grandes difficultés d'exécution, pour que la seconde vis soit exactement au milieu de l'intervalle, et que les filets soient de même pas et de même épaisseur, n'est pas susceptible de recevoir une description plus étendue.

La tête des vis est quelquefois façonnée en carré ou en polygone, au lieu d'être simplement fendue; alors on l'entre dans l'écrou avec une CLEF, ou un levier, ou une manivelle. C'est ainsi que sont manœuvrées toutes les grosses vis. (V. BALANCIER MONÉTAIRE.) D'autres fois on retient la vis en place à l'aide d'un écrou qui entre dans les pas, et serre les parties entre sa base et la tête de la vis. Toutes ces modifications, qui varient de mille manières, ne méritent pas de nous arrêter.

La résistance des vis à bois est considérable. Un Anglais, M. Bevan, a fait des expériences pour mesurer leur adhérence. Celles qu'il a employées avaient 2 pouces de long, 0,22 de diamètre à l'extrémité; il y avait douze filets dans la longueur d'un pouce, et la profondeur du filet était de 0,35. Il les enfonça dans des morceaux de bois d'un demi-pouce d'épaisseur, et ne put les en faire sortir que par les poids ci-après. Ces poids ont été suspendus environ 2 minutes avant que les vis fussent arrachées par l'effort.

Hêtre sec.	209 kilog.
Idem.	358
Frêne sec bien sain. . .	358
Chêne idem.	345
Acajou idem.	349
Orme idem.	297
Sicomore idem.	376

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bevan a aussi reconnu que la force requise pour arracher des vis semblables, de bois de sapin et de bois plus tendre, était environ la moitié de celle ci-dessus.

On se sert souvent de vis en bois, surtout dans les PRESSOIRS, les PRESSES, et pour différens outils où la pression est nécessaire et doit être exercée d'une manière passagère; on y emploie du bois très dur et de bonne qualité, tel que le gayac, le buis, le hêtre, le chêne, etc.; il est indispensable que les fibres du bois opposent une grande résistance, parce que l'énorme pression que supportent les filets de la vis les ferait détacher du cylindre: c'est ce qui oblige à ne faire que des filets triangulaires sur les cylindres en bois.

Les vis de bois se font au tour, qui, comme on sait, est construit pour donner en même temps un mouvement de rotation sur les pointes qui portent le morceau de bois entre les deux poupées, et un va-et-vient longitudinal; en sorte que la main qui tient fixement un burin, enlève des copeaux en hélice à la surface du morceau de bois qu'on a d'abord tourné en cylindre. Ce travail, continué tout le long du cylindre, y forme une vis à filet triangulaire. Mais on réussit mieux et plus promptement en se servant d'un *peigne;* c'est une tige d'acier terminée par plusieurs dents coupantes, égales et également espacées. En se présentant au cylindre, pourvu du double mouvement dont on vient de parler, tenant l'outil fermement, on fabrique une portion de vis. On répète ensuite la même manœuvre de proche en proche, tout le long du cylindre. L'écrou se fabrique de la même manière, avec un peigne qu'on fait mordre dans l'intérieur d'un cylindre creux qui tourne en va-et-vient, et est porté par un *mandrin.*

On donne les noms de *peignes mâles et femelles* aux outils qui servent à faire l'un l'écrou, l'autre la vis.

Quant aux grosses vis en bois pour les presses et pressoirs, on les fabrique comme celles en fer, avec une machine particulière, dont nous parlerons plus loin. FR.

VIS (*Arts mécaniques*). Cette machine est composée du levier et du plan incliné; nous ne la considérerons ici que pour en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calculer l'action, comme moyen de transmettre l'effet d'une puissance, et de surmonter une résistance.

La vis est composée d'un cylindre AB (fig. 1, pl. 69 des Arts mécaniques) revêtu d'un cordon spirale de grosseur uniforme, et dont l'inclinaison, par rapport aux génératrices du cylindre, est constante. Ce cordon, appelé *filet*, est ordinairement triangulaire et quelquefois carré, c'est-à-dire que toute section de la vis passant par l'axe du cylindre, coupe ce filet suivant un triangle isoscèle, ou un rectangle, partout égal. On nomme *pas de la vis* l'intervalle qui sépare deux filets consécutifs.

Pour compléter la machine, il faut un autre corps appelé *écrou*, qui est percé d'un trou, lequel est creusé intérieurement d'un sillon aussi en spirale; en sorte que cet écrou soit le moule exact de la vis, sauf un peu de jeu qu'on laisse entre deux pour faciliter le mouvement. L'une de ces deux pièces est fixe, l'autre mobile autour de l'axe du cylindre, dans le sens de sa génération, et peut ainsi s'insinuer, comme en rampant, sur la première.

Une force P est, par exemple, appliquée à l'écrou pour le faire tourner autour de la vis immobile, et cet écrou est retenu par un poids ou une autre résistance Q, agissant parallèlement à l'axe du cylindre; et on demande sous quelles conditions ces forces se feront équilibre, ou bien l'une l'emportera sur l'autre. C'est ce qui arrive quand on veut donner à un chariot attaché à l'écrou un mouvement de progression longitudinale et régulière dans le sens de l'axe de la vis.

D'autres fois l'écrou Q est immobile (fig. 2), et c'est la vis qu'on force à y entrer, et à prendre un mouvement de rotation, à l'aide d'une puissance P agissant sur un levier qui en traverse la tête; pendant qu'une autre force, poussant la vis dans le sens de son axe, s'oppose à la rotation, en empêchant la progression dans le sens de l'axe. Ce cas a lieu dans toutes les PRESSES à vis.

Dans l'une ou l'autre de ces suppositions, la relation d'équilibre entre la puissance P et la résistance Q est la même; on l'exprime par ce théorême : *Dans l'équilibre de la vis, la puissance* P *qui agit sur le levier est à la résistance* Q *qui s'oppose au*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement dans le sens de l'axe; comme le pas de la vis est à la circonférence que la puissance tend à décrire.

Pour comprendre cette proposition, il faut remarquer que la vis est engendrée par la révolution de la figure ABF (fig. 3), terminée par un triangle isoscèle BFG, dont la base est parallèle à AZ, et qui, en tournant autour de cet axe AZ, prend en même temps un mouvement uniforme de translation dans le sens AZ; en sorte que le plan du triangle BFG s'avance dans ce sens de parties proportionnelles aux valeurs angulaires qu'il décrit. Cette génération de la vis à filet triangulaire s'appliquera de même à celle dont le filet est carré.

La courbe que décrit autour de l'axe AZ un point quelconque N, est donc assujettie à rester, en tous ses points, à la même distance EN de l'axe; mais à se mouvoir, dans le sens de cet axe, de manière à avoir parcouru, après une révolution entière, une longueur égale au pas AD de la vis, et à décrire, dans ce mouvement, des parties de cet espace proportionnelles aux angles décrits par le plan BFG autour de l'axe. Cette courbe est ce que les géomètres appellent une *hélice;* c'est une spirale qui n'est pas plane, et ne va pas en se rapprochant de l'axe.

Le poids de l'écrou, ou celui dont on l'a chargé (fig. 1) tend à faire descendre l'écrou en tournant autour de l'axe; c'est sa résistance Q que la force P doit équilibrer; et si l'on fait abstraction du frottement, on voit qu'en réduisant l'écrou à un seul point pesant qui serait posé en N (fig. 3), pour une révolution autour de l'axe, ce poids ne descend que du pas de la vis en glissant sur un plan incliné curviligne, ou plutôt en hélice, tandis que la puissance P parcourt une circonférence entière. Ces deux forces sont donc dans la raison inverse de ces espaces, conformément au principe des VITESSES VIRTUELLES; ce qui est conforme à notre théorême.

Pour exprimer cette proposition par une équation, désignons par h la hauteur AD du pas de vis, et par p le rayon du cercle décrit par la puissance P, c'est-à-dire la distance de l'axe de la vis à la direction de cette puissance, nous aurons :

$$Q\,h = 2\,\pi\,p\,P$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

π est le nombre 3,14159, rapport de la circonférence au diamètre. Cette équation fera connaître l'une quelconque des quatre quantités Q, h, p et P, les trois autres étant données. Il est facile d'en conclure que :

1°. La vis est une machine composée du levier et du plan incliné.

2°. Pour une même vis, l'effet d'une force est d'autant plus grand que cette force est appliquée plus loin de l'axe.

3°. Pour deux vis différentes et de même bras de levier, l'effet d'une force est plus considérable avec la vis dont le pas est moindre.

La vis est une des machines le plus en usage dans les arts ; elle entre comme auxiliaire dans presque toutes ; elle change de forme, eu égard tantôt à la matière dont l'instrument est composé, tantôt au but qu'on s'est proposé en l'employant. C'est ainsi qu'on s'en sert pour changer un mouvement de rotation en celui de translation, pour pénétrer les corps durs, pour réunir des pièces entre elles, pour soulever des fardeaux pesans, dans des outils d'horlogerie et de divers arts, etc. Nous avons en divers lieux montré les principaux usages de la vis ; mais il convient d'en exposer encore quelques autres qui, trouvant leur application dans une foule d'occasions, n'auraient pu être analysés chaque fois sans exiger des répétitions, et que nous avons dû remettre à l'article spécial de la vis.

Lorsqu'on fait usage de la FRAISE, il arrive souvent qu'on en place l'axe de manière que ses extrémités soient soutenues par deux vis, dont les écrous sont taraudés dans les *poupées* du tour ; par ce moyen, en tournant les deux vis à la fois en sens opposés, on communique le mouvement rectiligne dont on a fréquemment besoin pour la faire fonctionner où l'on veut.

Si l'axe de la vis est fixé et ne peut prendre d'autre mouvement que celui de rotation entre deux collets, et que l'écrou soit mobile ; le frottement, qui est très fort, fait adhérer l'écrou à la vis, et il tourne en même temps qu'elle ; mais si l'écrou est retenu dans le sens latéral, de manière à ne pouvoir tourner, il s'avancera dans le sens de l'axe et parcourra des espaces réguliers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme la vis, et écartés de quantités d'autant moindres, que les filets sont plus rapprochés. Telle est la fonction de la vis pour mouvoir un chariot régulièrement, ainsi qu'on s'en sert dans la machine à DIVISER les lignes droites, les MICROMÈTRES, etc.

Mais pour que les pas du chariot soient aussi petits qu'on veut, il faut que les filets soient très fins, et ils manquent alors de force et se brisent sous la pression. C'est ce qui a conduit M. de Prony à imaginer sa *vis micrométrique à double pas*. AB (fig. 4) est un arbre divisé en trois parties *ab*, *cd*, *ef*; les deux vis *ab*, *ef*, ont le même pas et traversent deux supports fixes C, D, garnis d'écrous. Cet arbre AB se meut horizontalement, et parcourt, à chaque révolution entière, un espace égal au pas de la vis. Une seconde vis *ed* a un pas un peu plus long ou plus court; on y introduit un écrou M auquel on fixe le fil du micromètre, et l'écrou est empêché de tourner par un tenon qui peut couler dans une rainure de la banquette EF; mais il parcourt de chaque côté un espace égal au pas de sa vis : ainsi, il participe à deux mouvemens opposés, celui de la translation de l'arbre et celui de sa propre vis; en sorte qu'il ne décrit qu'un espace égal à la différence de ces deux mouvemens. Soit *a* le pas des vis *ab*, *ef*, *b* celui de la vis *c*; après *n* révolution de l'arbre, le support M aura parcouru un espace $= na - nb = n(a-b)$, comme s'il n'y eût eu qu'une seule vis, dont le pas aurait été $a-b$; et puisque $a-b$ est aussi petit qu'on veut, bien que *a* et *b* puissent être assez grands pour que les filets des vis opposent une résistance considérable, on voit que l'effet sera produit avec le degré de solidité qu'on peut désirer.

Et comme il serait difficile de donner aux vis *ab*, *ef*, des pas rigoureusement égaux, ce qui ici est tout-à-fait indispensable, on peut supprimer l'une des deux, et la remplacer par une pièce cylindrique retenue dans un collet qui guide l'arbre.

Les machines à tailler les grandes vis sont construites ainsi qu'il suit :

AB (fig. 7) est un axe auquel sont attachés le cylindre C, à la surface duquel on veut tracer une hélice, et la roue dentée D. Le châssis MLKN tourne autour de cet axe AB; dans ses branches

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LMKN est l'axe FG qui peut tourner sur lui-même et qui porte une roue dentée E, laquelle engrenne avec D, et un cylindre HI, taillé en vis, menant l'écrou P. Cet écrou porte d'un côté la tige O qui coule dans une rainure, et de l'autre le crayon ou le burin qui trace l'hélice par le cylindre C.

Voici l'effet de cet appareil. Soit R le rayon de la roue E, r celui de D, H le pas de la vis du cylindre HI; une révolution du châssis MLKN autour de l'arbre AB, fera tourner la roue E, et aussi le cylindre HI, d'une portion $\frac{r}{R}$ de tour; et l'outil P aura parcouru un espace égal à $\frac{hr}{R}$, ce sera le pas h' de l'hélice tracée sur le cylindre c; on aura donc $h' = \frac{hr}{R}$. On conçoit qu'en prenant pour les élémens R, r et h des valeurs convenables, on pourra produire des hélices de dimensions déterminées.

La fig. 8 est celle de la machine Salleneuve pour tailler les grandes vis. FG est le cylindre qui dirige le mouvement rectiligne et le communique à l'outil, au moyen de l'écrou P, comme ci-devant: ce cylindre tourne sur son axe, et sa position est déterminée par les colliers H et I. La roue dentée E est fixée au cylindre FG, et communique le mouvement au cylindre C qu'on veut tailler en vis; on monte celui-ci sur un tour, et on le garnit d'une roue dentée D. Les deux cylindres C et FG doivent avoir leurs axes rigoureusement parallèles; et le mouvement est donné de l'un à l'autre par une troisième roue A qui peut s'élever et se balancer pour tous les changemens qu'on veut faire dans les rapports des rayons des roues D et E; on peut même admettre un pignon d'engrenage à la roue A pour accroître l'étendue de ces modifications.

Soit R le rayon de E, r celui de D, h le pas de la vis FG; pendant une révolution de D, E fait une partie $\frac{r}{R}$ de la sienne, et K l'outil parcourt l'espace $\frac{hr}{R}$, qui est le pas h' de l'hélice tracée sur C; on a donc la même équation que ci-dessus; et si l'on remplace

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A par une roue et un pignon fixés au même axe, l'une de rayon m engrenant avec D, et l'autre de rayon m' engrenant avec E, alors on aura l'équation $h' = h.\ \frac{r}{R}.\ \frac{m'}{m}$, et il sera facile de déterminer ces élémens de manière à produire une vis de dimensions données.

La vis est employée pour briser les corps ou les presser, comme on l'a vu aux articles PRESSE, PRESSOIR, TYPOGRAPHIE, et principalement à la presse à volant de M. Révillon, au BALANCIER monétaire, aux machines à étamper, etc.; on s'en sert aussi pour arracher les corps qui ont contracté une forte adhérence : car si l'écrou y est fixé, on imprime à l'écrou, par le mouvement de la vis, une marche rétrograde à laquelle rien ne résiste.

Le frottement de la vis dans son écrou est considérable, à cause du grand nombre de points qui sont pressés et de leur disposition : c'est ainsi que sont combinées les *vis de pression*. Telle est la vis d'un ÉTAU pour faire adhérer un cylindre à un autre qui y est entré dans un canon ; on perce ce canon d'un trou taraudé, où l'on passe une vis, dont le bout serre fortement le cylindre intérieur. Lorsqu'on veut faire tenir un corps à un autre qui est plat, on serre celui-ci entre deux mâchoires, dont l'une est mobile et taraudée, et qu'on rapproche de l'autre en y entrant une vis qui mord dans l'écrou, et s'appuie sur la mâchoire fixe à l'aide d'une *portée*. On nomme portée une partie du cylindre de la vis qui est plus large que le trou où elle passe. C'est ainsi que sont construites les pièces qu'on adapte aux lunettes des CERCLES RÉPÉTITEURS et THÉODOLITES.

Les VIS DE RAPPEL sont destinées à donner de très petits mouvemens à une pièce mobile qui est attachée sur un autre fixe.

Par exemple, lorsqu'une lunette parcourt les divisions d'un limbe, qu'on veut l'y arrêter en un point, et lui faire prendre une très légère rotation sur son axe, l'ouvrier fixe au tuyau de la lunette une *agrafe;* c'est une double mâchoire qui saisit le bord du limbe, le serre ou le lâche, selon qu'on manœuvre dans un sens ou en sens contraire une vis de pression qui rapproche ou écarte les mâchoires. On peut donc rendre la lunette libre dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ses mouvemens, la pointer à fort peu près sur un signal, et l'attacher au limbe dans cette position : mais il reste encore à lui donner le petit mouvement de rotation qui amène juste le signal sous le fil du réticule, qui en est encore à une faible distance ; c'est ce qu'on fait avec la vis de rappel.

La lunette ne tient à l'agrafe que par cette vis qui entre dans un écrou solidaire avec la lunette, et dont l'arbre tourne dans une petite gorge fixée à l'agrafe même : d'où l'on voit qu'en faisant mouvoir cette vis, elle approche ou éloigne son écrou, et par conséquent la lunette de la gorge.

Comme il faut éviter autant que possible ce qu'on appelle *les temps perdus*, c'est-à-dire les mouvemens qu'on donne à l'arbre de la vis, et qui ne se communiquent à l'écrou que peu après, on est obligé de faire la vis et l'écrou avec un grand soin. En effet, leur contact ne peut jamais être assez intime pour que, si après avoir tourné la vis dans un sens, on vient à la tourner en sens contraire, l'écrou obéisse de suite à cette action. Ce n'est qu'après une portion de révolution que les filets se touchent de nouveau par les faces opposées, et que l'écrou entre en marche.

On a coutume de remplacer la gorge fixe de la vis par deux coquilles sphériquement concaves serrées l'une contre l'autre par une petite vis, et renfermant entre elles une boule ou sphère pleine qui fait partie de l'arbre tournant de la vis.

Ces principes posés, voici comment on ajuste la vis de rappel à un cercle gradué, tel que celui d'un graphomètre, d'un sextant, d'un théodolite, etc., afin de permettre les grands mouvemens qui sont nécessaires pour pointer à peu près la lunette sur le signal, et d'achever par une marche lente la coïncidence avec les fils du réticule.

A B (fig. 5, pl. 16 des Arts de calcul) est le limbe de l'instrument; C D le bras ou rayon mobile qui porte l'alidade ou la lunette; V la vis de rappel qui est emportée par le bras C D dans ses excursions. Dans une fenêtre *a b* du curseur D est logée une pièce qui est susceptible d'y parcourir un certain espace ; cette pièce *a b* porte l'écrou *i* dans lequel mord la vis V retenue par l'arrêt ou canon *b* où elle tourne : ce canon *b* est fixé au curseur D, et le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bras C D l'est à la pièce *a b*. Sous l'appareil est une vis de pression K qui, rapprochant deux mâchoires pour saisir et serrer le limbe A B, rend le curseur D solidaire de ce limbe. Voici l'effet produit par cet ajustement.

Quand la vis de presion K est lâchée, le bras C D emporte la lunette et tout le système D V ; on fait le pointé approché, en dirigeant convenablement le bras C D : on serre alors la vis de pression K qui attache le curseur D et la vis V au limbe, en les rendant solidaires. Qu'on fasse alors tourner la vis V dans son canon *b* ; cette vis, en mordant dans l'écou *i*, fera avancer ou reculer la pièce *a b* dans la fenêtre où elle est logée, et transportera la lunette et le bras C D qui tiennent à cette même pièce *a b*. La marche sera très lente, et permettra de faire coïncider le fil du réticule avec le signal. En effet, on sait qu'un tour entier d'une vis ne fait marcher son écrou dans le sens de l'axe que d'une longueur égale au pas de la vis. Si ce pas est d'un demi-millimètre, en faisant tourner la tête de la vis de 30 degrés (12e de la circonférence), l'écrou *i* et la pièce *a b* ne marchent donc que d'un vingt-quatrième de millimètre.

La disposition des vis de rappel varie avec la forme de l'instrument ; mais c'est toujours le principe précédent qui en détermine la construction. Le plus souvent, le vernier, au lieu d'être placé dans une fenêtre au bout du bras mobile, comme dans la fig. 5 qui se rapporte au sextant, est fixé latéralement, comme dans le théodolite, fig. 1 ; ce qui est tout-à-fait indifférent, puisqu'on ne consulte le vernier que pour estimer des fractions de degré.

Pour lire sur le limbe et le vernier la graduation correspondante, on s'aide d'une LOUPE M, qu'on tient à la main, ou qui est attachée sur l'instrument. Celle de notre fig. 5 peut tourner autour de l'axe I, pour être amenée au dessus de l'arc de lecture ; une charnière d'articulation en I permet de porter la loupe à la distance du limbe exigée par la force de vision du lecteur.

Observez que l'axe de la vis de rappel V doit avoir sa direction perpendiculaire au bras C D : son canon *b* et l'écrou *i* doivent porter sur un pivot qui permette un léger mouvement de torsion et se prête aux directions que la vis doit prendre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant aux *vis à caler*, ce sont celles dont on se sert pour donner aux pieds de l'instrument de petits mouvemens propres à rendre le plan parfaitement horizontal, ce qu'on reconnaît par des niveaux à bulle d'air. L'instrument a trois pieds (*V.* fig. 6, pl. 5 des Arts de calcul) dont chacun est traversé par une vis verticale v, v', v'', et c'est sur les bouts de ces vis que porte le système sur un plan fixe ; ces vis sont, à proprement parler, les pieds de l'instrument. On conçoit qu'en tournant leur arbre, on peut élever ou abaisser le pied qui y correspond. Ainsi, en manœuvrant les vis v et v'', on pourra rendre horizontale la ligne droite $v\,v''$, ou plutôt celle qui passe par les pointes de ces vis ; un niveau à bulle d'air bien réglé, mis dans cette direction, aura sa bulle au milieu. Il ne restera donc plus qu'à mouvoir la vis v', jusqu'à ce que sa pointe, faisant basculer l'instrument au tour de $v\,v''$, amène v' dans le plan horizontal, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'un niveau, placé en v' perpendiculairement à $v\,v''$, ait aussi sa bulle au milieu.

Au reste, on varie beaucoup la forme des vis à caler, et il serait déplacé d'entrer ici dans plus de détails ; ce sujet est si facile à concevoir, qu'il est inutile de nous y arrêter.

Nous avons donné ci-dessus la relation entre la puissance qui agit sur une vis et la résistance qui retient l'écrou ; mais nous avons fait abstraction du frottement, qui est si considérable ici, qu'il n'est pas possible de le négliger, sans se trouver conduit à des résultats très erronés. Malheureusement la théorie en est si compliquée que la formule à laquelle on arrive est d'une application, pour ainsi dire, impossible dans la pratique. Ce qu'on trouve de plus commode, pour avoir du moins une approximation suffisante, c'est de supposer que tous les centres de pression de l'écrou sont situés sur une hélice tracée au milieu de tous les filets. Alors on trouve que la force P qui retient le poids Q de l'écrou en équilibre est déterminé par l'équation

$$\mathrm{P} = \frac{\mathrm{Q}r}{p} + \frac{h + 2\,f\pi r}{2\pi r - fh}.$$

p et r sont les rayons des circonférences décrites par la puissance

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

P, et le poids Q, situé au milieu du filet, h est le pas de la vis, π le nombre 3,14159, f le FROTTEMENT, tel qu'on l'a défini à son article. (*V.* ma *Mécanique*, n. 139.)

VIS SANS FIN (*Arts mécaniques*). Le cylindre AB (fig. 5, pl. 69) porte à sa surface quelques filets de vis FE, qui engrènent avec les dents d'une roue R; telle est la machine à laquelle on a donné le nom de *vis sans fin*, et qui est en usage dans un grand nombre de circonstances. Le plus souvent, on fait tourner le cylindre AB par une force Q qui agit sur une manivelle BC, et la roue dentée porte un autre cylindre $c\,r$ concentrique, sur lequel s'enroule une corde qui soulève un poids P. Quoique plusieurs modifications font varier la forme de cet appareil selon les circonstances, cependant on peut toujours réduire les choses à l'état représenté par la fig. 5.

Proposons-nous de connaître les relations du poids P qui agit sur le cylindre cr avec la force Q qui tourne la manivelle, dans le cas où la machine est en équilibre. En examinant, comme nous avons fait pour la vis, les espaces parcourus en même temps par les deux forces, nous verrons, conformément au principe des VITESSES VIRTUELLES, que, *dans l'équilibre de la vis sans fin, la puissance* Q *qui fait tourner la manivelle, est, à la résistance* P, *qui agit sur l'arbre de la roue, comme le produit du rayon de cet arbre par le pas de la vis, est au produit du rayon de la roue par la circonférence que décrit la puissance* Q. (*V.* T. XII, p. 485.)

Si l'on désigne par h le pas EF de la vis, par q le bras BC de la manivelle, par r le rayon du cylindre $c\,r$, et par k le rayon Rc de la roue, ce théorême sera exprimé par l'équation

$$\mathrm{P}\,h\,r = 2\pi\,q\,k\,\mathrm{Q}.$$

Un exemple remarquable de la vis sans fin se trouve (fig. 6) dans le moulin de Piémont pour organsiner les soies. Cette vis a un très grand diamètre AB, et un seul pas compris entre deux plans parallèles : il est divisé en six parties égales par des *serpes ab, ab*..., qui forcent les *poncenelles* H à tourner par le moyen de six dents ou *rodes, d e*, qui garnissent leurs circonférences.

La vis sans fin s'emploie ordinairement pour communiquer le mouvement d'une roue dentée à un autre appareil. C'est ainsi que,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le TOURNE-BROCHE, les SONNERIES de pendule, etc., le volant qui retarde le développement de la force motrice agissant sur les rouages est ralenti par la résistance de l'air, ce volant étant mis en jeu par une vis sans fin; de même les ailes d'un moulin se mettent d'elles-mêmes au vent, en faisant tourner le comble qui porte leur arbre, à l'aide d'un engrenage et d'une vis sans fin qui le mène, reçoit son mouvement de rotation d'une autre roue ailée plus petite, disposée en forme de girouette, etc.

VIS D'ARCHIMÈDE (*Arts mécaniques*). Cette vis est la plus ingénieuse de toutes les machines dont nous devons l'invention aux anciens. Elle est décrite par Vitruve, qui en a donné les procédés de constructions et d'usages. Quoiqu'on en ait attribué la découverte à Archimède, il paraît cependant que les Égyptiens s'en servaient, long-temps avant le célèbre géomètre grec, pour dessécher les prairies que les débordemens du Nil venaient couvrir. Cette vis sert à élever l'eau, et principalement à faire des épuisemens, et ne peut être d'un bon emploi que lorsque le tuyau de dégorgement est à une petite hauteur au dessus du réservoir. Voici l'idée qu'on peut prendre de cette machine et des effets qu'elle produit.

Concevez qu'on ait enveloppé un cylindre (fig. 9, pl. 69 des Arts mécaniques) d'un tuyau de plomb roulé en hélice sur la surface, et que ce tuyau, ouvert aux deux bouts, soit plongé par l'un dans l'eau, tandis que l'autre soit élevé à une certaine hauteur, le cylindre ayant une situation oblique à l'horizon. Ce cylindre a son axe porté en bas par une crapaudine, et en haut par un tourillon, et peut tourner sur ces deux appuis, en le manœuvrant à l'aide d'une manivelle. Ce mouvement de rotation, imprimé en sens contraire aux révolutions de l'hélice de bas en haut, fera monter peu à peu l'eau dans le tuyau, et le liquide dégorgera par l'orifice supérieur. La vis est dite *à droite* quand elle doit tourner à gauche, et réciproquement.

En effet, l'eau sera d'abord dans le tuyau au même niveau que dans le réservoir; le liquide y occupe le plus bas de la spire, c'est-à-dire celui où la tangente est horizontale; mais, quand on aura tourné un peu le cylindre, la spire sera déplacée ainsi que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sa tangente, laquelle ne sera plus horizontale. Il faudra donc que l'eau n'y soit plus en repos et retombe au nouveau point dont la tangente est horizontale : elle y coulera comme sur un plan incliné ; le niveau intérieur se transportera au nouveau point inférieur de la révolution hélicoïde ; en continuant de tourner, l'eau parcourra successivement les points du canal, de manière à se trouver portée à une hauteur égale au pas de la vis après une révolution. Une seconde révolution fera monter l'eau d'un autre pas, et ainsi de suite. Dans la vis d'Archimède, l'eau ne monte donc qu'en descendant, parce que le niveau intérieur parcourt un plan incliné curviligne, et s'y déplace sans cesse tout le long du tuyau jusqu'au dégorgeoir.

Il faut remarquer que la rotation imprime une force centrifuge à l'eau, qui l'élève au dessus de son niveau naturel dans le canal, et ajoute par conséquent à l'effet produit. Mais cette force n'est ici d'aucun secours, attendu que la vitesse qu'on imprime à la machine est toujours trop faible pour que cette action puisse exercer quelque influence.

M. Cagniard La Tour a donné de ce phénomène une explication très facile à comprendre. Lorsqu'une vis ordinaire est portée sur des collets qui empêchent le déplacement de son axe, en ne lui laissant d'autre liberté que de tourner autour de cet axe, et qu'un écrou est engagé dans les filets de cette vis, le frottement fait tellement adhérer l'écrou, qu'il tourne aussi, emporté par la vis, à moins qu'on n'arrête la rotation de l'écrou en le retenant dans une rainure parallèle à la vis ; c'est ce qu'on remarque dans les tours à fileter dont nous avons parlé, dans la machine à diviser les lignes droites, dans le support à chariot, etc. Alors l'écrou se meut le long de la vis, et parcourt un pas de la vis à chaque révolution. L'eau contenue dans la vis d'Archimède, qui est plongée par un bout, se comporte précisément comme cet écrou, parce que le frottement contre les parois est trop faible pour qu'elle soit emportée dans le mouvement de la vis. Cette eau doit donc monter ou descendre comme ferait un écrou, selon qu'on tourne la vis dans un sens ou dans l'autre.

Ainsi, on peut considérer l'eau qui est dans la vis d'Archimède

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme un écrou sans frottement qui glisse le long de l'axe tournant sur ses tourillons, et prend ainsi un mouvement de translation parallèle à l'eau.

On ne se sert pas, dans les arts, de l'appareil que nous venons de décrire (fig. 9), parce que la charge d'un ou plusieurs tuyaux de plomb roulés en hélice, et débitant d'ailleurs une petite quantité d'eau, ne pourrait être d'aucun avantage; les frottemens seraient énormes, et la machine tendrait à fléchir sous son propre poids. Mais voici comment on dispose l'appareil, celui dont nous venons de parler n'étant qu'un moyen de le simplifier pour en faire comprendre les effets.

La vis d'Archimède se compose d'un noyau plein, cylindrique, et d'un *canon* ou enveloppe, qui est aussi un cylindre droit à base circulaire; ces deux cylindres ont le même axe, qui est celui de rotation. La vis est entre ces deux surfaces; elle est formée d'une nappe rampante, engendrée par une ligne droite sans cesse perpendiculaire à l'axe, qui glisse en tournant le long d'une hélice tracée sur le noyau (*V.* fig. 11 et 10). L'inclinaison de cette hélice sur les génératrices est constamment de 45 degrés, d'un pas arbitraire. On fait porter ordinairement sur le même noyau trois ou quatre rangs de filets semblables; les fig. 11 ou 10 représentent une coupe de la machine en position. La manivelle et le tourillon reposent sur un châssis en bois de forme carrée. Le canon est formé de douves qui sont retenues fortement entre elles par des cercles de fer placés de distance en distance: ces douves sont assez rapprochées pour ne donner à l'eau aucune issue; quoique l'air atmosphérique puisse passer entre les jointures, en conservant la densité extérieure, l'expérience a appris que cet air intérieur facilite l'action du moteur. On se sert quelquefois aussi de cuir fort épais au lieu de douves.

On trouvera, dans la *Mécanique* de M. Hachette la démonstration géométrique des principes de la vis d'Archimède, et les élémens de sa construction, ainsi qu'un tableau donnant les résultats d'expériences obtenus par MM. Touroude, Lamandé et l'auteur. Nous nous bornerons à citer les suivants.

Une vis de 5, 85 mètres de long et de 49 centimètres de dia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètre, était tournée par 18 hommes, en deux relais, de 9 chacun, qui travaillaient 2 heures de suite. On élevait 45 mètres cubes d'eau par heure à 3,^{m} 3, ce qui faisait 450 mètres cubes pour 10 heures de travail. Le résultat était donc équivalent à 1485 mètres cubes élevés à 1 mètre par 18 hommes, ou 82 mètres cubes à 1^{m} pour le travail journalier d'un ouvrier.

Six hommes travaillant 6 heures du jour ont élevé 765 litres à 2 mètres, la vis faisant 35 tours par minute; ainsi, en une heure, on a obtenu 91,8 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre. On ne compte guère, dans la pratique, que sur 90 dynamies pour le travail journalier d'un homme.

La théorie de la vis d'Archimède est très délicate; l'inclinaison des filets sur la génératrice du cylindre, celle de l'axe, la longueur de la vis, sa vitesse de rotation, sont des élémens qu'il faut déterminer de la manière la plus favorable au moteur : car il est telle combinaison de ces élémens qui ne permettrait pas à l'eau de monter, ou du moins le liquide ne monterait qu'en petite quantité.

On a coutume de donner au diamètre de l'enveloppe ou du canon le 12^{e} de la longueur; celui du noyau est au plus le tiers du diamètre du canon; le nombre des cloisons et des canaux hélicoïdes est de trois. L'inclinaison des hélices sur l'axe est de 67 degrés environ; l'opinion des praticiens est que l'inclinaison de l'axe sur l'horizon doit être de 30 degrés. On voit, dans la *Mécanique* de M. Hachette, les détails de l'épure de cette construction, et sa théorie mathématique, à la fin du I^{er} vol. de l'*Architecture hydraulique* de Bélidor, dans une note de M. Navier.

M. Pattu a amélioré la vis d'Archimède. Il lui donne 6,^{m}5 de longueur; le noyau a 13^{cm},5 de diamètre, le canon 46^{cm}. Il y a deux canaux hélicoïdes dont le pas est de 43^{cm},2 : la génératrice des hélices n'est plus perpendiculaire au noyau, car elle y est inclinée de manière que la descente est de 10^{cm},8 sur les parois intérieures du canon, l'angle de cette génératrice avec celle du cylindre étant 56° 18′ 30″. Cet habile ingénieur a trouvé que les hélices droites ne donneraient que 13 litres d'eau par tour, l'axe étant incliné de 35 degrés par l'horizon; tandis que les ca-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naux inclinés produisent 20 litres et demi, la machine faisant 16 à 20 tours par minute.

Comme l'eau entre dans le tuyau sans choc et en sort sans vitesse, parce que le fluide coule dans le tuyau avec une vitesse relative égale à celle des points du tuyau en sens contraire, on voit qu'il n'y a point de force vive perdue. Il s'ensuit que la vis d'Archimède doit être un des meilleurs moyens d'élever l'eau à une petite hauteur ; mais l'effet est loin de répondre à cette théorie, car il y a dans cette machine plusieurs causes de déperdition de force. D'abord une partie est dissipée par le poids même du système ; mais ce poids, et par suite les frottemens qui en résultent sur les tourillons, est considérablement augmenté par celui de l'eau qui remplit la vis. En outre, la partie qui est plongée fait participer l'eau du dehors au mouvement de rotation imprimé, ce qui consomme inutilement une partie considérable de la force motrice ; en sorte qu'on a intérêt à faire plonger la vis le moins possible dans le réservoir, et à diminuer les dimensions du canon ; d'ailleurs l'eau doit retomber du tuyau dans une bâche, ce qui diminue encore l'effet utile.

Quand l'orifice inférieur du canon ne plonge pas entièrement dans le réservoir, l'air entre dans la vis à de certaines périodes de sa révolution, et interrompt la colonne ascendante, en sorte qu'en haut l'on voit sortir de l'eau et de l'air.

On a fait servir avec succès la vis d'Archimède, dans les moulins, pour monter le grain à l'étage d'en haut. La vis tourne, à l'aide d'engrenages, par la force motrice du moulin, et puise en bas le blé qu'on doit travailler.

M. Cagniard La Tour a eu l'ingénieuse idée de faire tourner la vis d'Archimède en sens contraire, ce qui force l'air à descendre au fond du réservoir ; et comme cet air, pressé par la charge d'eau, tend à monter, il a pu tirer parti de cette force pour produire des effets mécaniques.

Cette machine est composée de deux cuves A et B remplies d'eau, la 1re à la température ambiante, la 2e chauffée au moins à 75° centi. Une vis d'Archimède tournant en sens contraire fait jaillir l'air à sa partie inférieure, et cet air est conduit par un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tuyau au fond de la cuve B, où il s'échauffe et passe sous les augets d'une roue hydraulique, à laquelle il communique la force due à sa dilatation et à la charge d'eau. L'effet produit consiste à élever, au moyen d'une corde attachée à l'arbre de la roue, un poids de 15 livres avec une vitesse uniforme verticale d'un pouce par seconde, tandis que la force nécessaire pour faire tourner la vis avec cette même vitesse n'est que de 3 livres. Ainsi, l'effet de la chaleur est de quintupler la force mouvante.

Il en résulte qu'on peut prélever, sur cet effet même, de quoi suppléer à cette force, et qu'il reste encore une force disponible quadruple de la force mouvante. Un engrenage facile à se représenter servira de moyen de communication entre la vis et la roue hydraulique, en sorte que le mouvement se conservera indéfiniment, tant que l'eau du vase B sera échauffée; l'arbre de cette roue jouira en outre d'une puissance disponible, qu'on pourra employer comme on voudra. Ce serait le *mouvement perpétuel*, s'il n'était pas nécessaire de communiquer incessamment de la chaleur à l'eau.

Cette machine est employée avec de grands avantages comme SOUFFLERIE. Au lieu de se servir de l'air immergé comme agent de mouvement, on le conduit dans un fourneau où il alimente la combustion. L'appareil appelé *cagniardelle* est usité en divers lieux avec succès; nous avons représenté, fig. 12, pl. 69, celui qui fonctionne depuis 7 ans à Mulhausen, chez M. André Kœchlin. La vis a 8 pieds de diamètre, autant de longueur et 4 filets; elle est en tôle peinte; le corps est soutenu par des cercles en fer auxquels viennent bouter des bras partant de l'axe; les bras et l'axe sont en fer forgé.

Plusieurs hommes pouvant entrer dans la vis, il a été facile de peindre ses parois intérieures, de manière à les rendre parfaitement étanches, comme celles d'un gazomètre. Le réservoir dans lequel plonge la vis est en maçonnerie. A chaque tour complet, elle enfonce dans l'eau 160 pieds cubes d'air, sous une pression d'une demi-livre par pouce carré de surface. Elle fait ordinairement 6 tours par minute, et par conséquent souffle,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce temps, 960 pieds cubes d'air, quantité nécessaire pour alimenter un haut-fourneau de moyenne dimension. Cela revient à 329 hectolitres d'air, ou près de 33 mètres cubes par minute.

Cette vis est mise en mouvement par la machine à vapeur, à l'aide du pignon d'engrenage C, et consomme une quantité d'action équivalente à la force de deux chevaux. Elle fait marcher 20 feux de forge de maréchal, et deux fourneaux à la Wilkinson, qui mettent en seconde fusion 30 mille kilog. de fonte en gueuse par 24 heures. On estime que, pour produire le même effet que la *vis soufflante* avec une SOUFFLERIE anglaise la mieux construite, il faudrait dépenser une action triple, c'est-à-dire au moins 6 chevaux.

Une gueuse qui, à l'aide d'un SOUFFLET à piston, mu par la force de 2 chevaux, n'était fondue qu'en 2 heures, l'est maintenant en 15 minutes tout au plus, avec la vis soufflante. Par cette fusion rapide, la fonte acquiert une très grande liquidité qui permet de couler des pièces délicates de grandes dimensions et faciles à travailler, sans qu'il soit nécessaire pour cet effet d'employer de la fonte de première qualité, comme auparavant.

Depuis 7 ans que la cagniardelle fonctionne à Mulhausen, elle n'a encore eu besoin d'aucune réparation.

Lorsqu'on coulait de fortes pièces, de dix mille, par exemple, il fallait d'ordinaire dix heures de chaleur soutenue, tandis que maintenant 2 heures suffisent; et à raison de la grande liquidité du métal en fusion, il ne se forme plus, comme auparavant, des masses pâteuses ou *lopins*, qui, s'accumulant peu à peu dans le fourneau de fusion, l'engorgeaient, et exigeaient des réparations fréquentes.

La quantité de combustible employé est d'une partie pour 12 de fonte, tandis qu'avec les soufflerles ordinaires, la proportion varie du quart au sixième.

Ainsi, 1° suppression des dépenses d'entretien, parce qu'il n'y a que très peu de frottement; 2° moindre consommation de force motrice pour un effet égal; 3° diminution de frais de réparation des fourneaux de fusion; 4° économie notable de combustible;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5° meilleure qualité des produits : tels sont les avantages de la cagniardelle sur toutes les autres souffleries.

La fig. 12 est une coupe, par un plan vertical, du réservoir et de la vis soufflante, passant par son axe. A, grand cylindre en tôle, formant le corps de la vis; B, grande roue d'angle fixée au contour supérieur, et menée par le pignon C, que la machine à vapeur met en mouvement; D, tube central pour la circulation de l'eau; E, tuyau qui donne écoulement à l'air refoulé dans l'eau par la vis, et conduit cet air à sa destination; F, manomètre d'eau indiquant la pression de cet air (*Voy.* VENT et SOUFFLERIE); G, bassin en maçonnerie contenant l'eau où la vis est plongée. L'axe est incliné de 21 à 22 degrés.

Si l'on voulait se servir d'une vis en bois, il faudrait y couler du suif fondu pour boucher les jointures, parce que la pression de l'air extérieur forcerait l'air à remonter dans la vis, au lieu de sortir par en bas.

La vis soufflante est en usage depuis plus de 15 ans dans la fabrique de blanc de céruse de Chichy. La vis a 4 pieds de diamètre et 5 pieds de long.

On a quelquefois employé la vis d'Archimède privée de son canon, en l'exposant dans un courant d'air ou d'eau qui, en frappant sa surface hélicoïde, la faisait tourner ainsi que son axe. Il y a des tournebroches construits sur ce principe; le courant d'air chaud qui s'élève dans la cheminée fait tourner la broche. D'autres machines de même genre servent à faire remonter les bateaux par la force d'un cours d'eau. On a encore construit des locks propres à mesurer la vitesse des navires. FR.

VIS HOLLANDAISE (*Arts mécaniques.*) C'est une vis d'Archimède dont l'enveloppe ou canon est fixe; l'axe et les cloisons hélicoïdes qui y sont fixées sont seules mobiles : on supprime la partie supérieure de l'enveloppe. Cette machine élève l'eau à la manière d'un CHAPELET incliné, plus solide que la vis d'Archimède ordinaire, parce que l'axe est beaucoup moins chargé; et le canon n'imprimant plus à l'eau du réservoir un mouvement en pure perte, le produit en est plus considérable. FR.

VITESSE (*Arts mécaniques*). Lorsqu'un corps se meut d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement uniforme, il décrit un certain espace dans chaque unité de temps, dans chaque seconde, par exemple : cet espace est ce qu'on appelle la *vitesse du corps* ; cette quantité est la même à tout instant, ce qui est le caractère propre au mouvement uniforme. Ainsi, *la vitesse est alors le nombre de mètres parcourus dans chaque seconde*, et comme l'espace décrit est double, triple, etc., quand le temps est lui-même double, triple : on voit que cette définition équivaut à dire que la *vitesse est le quotient de l'espace divisé par le temps employé à le parcourir*. Un mobile a parcouru 24 mètres en 6 secondes ; donc sa vitesse est de 4 mètres, c'est-à-dire que le mobile décrit 4 mètres par seconde.

Le mouvement est appelé *varié* quand la vitesse n'est pas constante. Ce mouvement est produit par l'action d'une force qui agit d'une manière permanente, comme la pesanteur, l'attraction, etc.; il est accéléré ou retardé selon que la vitesse du corps croît ou décroît. Pour se faire une idée de la vitesse, il faut partager, par la pensée, la seconde, quelque courte que soit cette durée, en un nombre de parties extrêmement petites, chercher l'espace décrit pendant le temps de la première de ces durées, et diviser cet espace par ce temps : on a alors la vitesse que le mobile possédait à ce même instant, et qui a changé dans les instans qui ont succédé. Il est clair que cette manière de mesurer la vitesse variable revient à supposer que tout-à-coup la force a cessé d'agir, et que l'on a estimé la vitesse que le corps a pris dans le mouvement uniforme qui s'est établi en vertu de cette hypothèse.

Par exemple, un corps tombant a parcouru dans le vide $24^{m}52$ dans la durée écoulée depuis la 2e jusqu'à la 3e seconde : ce serait faire une erreur que de lui supposer $24^{m}52$ de vitesse après 2 secondes de chute, parce que la pesanteur, agissant sur le corps pendant la 3e seconde, a ajouté ses effets à ceux qui existaient déja. Mais si cette durée est partagée en 10 parties, par exemple, et qu'on découvre que, dans le 1er dixième de seconde écoulé à l'expiration de la deuxième, l'espace parcouru a été $2^{m}10$, ce résultat, divisé par le temps 0″, 1, donne $20^{m},1$, et sera plus approché de la vitesse que le corps avait après 2 se-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

condes de chute. Il faut fractionner le temps en parties plus petites encore, et on trouve qne la vitesse est 19^m62. (*V.* CHUTE.)

Il est vrai que ce procédé n'est pas d'une exécution possible, parce qu'on ne peut mesurer avec précision l'espace que parcourt si rapidement le mobile, ni des fractions si petites de la durée : mais cette évaluation, traduite en analyse, donne des formules qui permettent d'estimer la vitesse d'après certains espaces parcourus dans une durée finie, ou certains effets produits par le mouvement. Cette théorie appartenant à la mécanique transcendante, ne saurait trouver place ici.

Si je sais, par exemple, qu'entre l'espace parcouru e par un corps pesant qui tombe dans le vide, et le nombre t de secondes de la chute, il y a toujours cette relation $e = 4^m,905 \times t^2$, j'en conclûrai, par analyse, qu'entre la vitesse v et le temps t, on a l'équation $v = 9^m,81 \times t$. Ainsi, après 1, 2, 3...., secondes, la vitesse sera $9^m,81$, $19^m,62$, $29^m,43$...., c'est-à-dire que la vitesse croîtra proportionnellement au nombre de secondes écoulées, ce qui est le propre de toute force accélératrice constante, telle qu'est la pesanteur.

On peut déterminer la vitesse d'un corps par expérience, en lui faisant frapper le plateau d'une balance dont l'autre plateau est chargé d'un poids. Le choc enlevera ce poids à une hauteur qu'on mesurera, et on en déduira la vitesse due à cette hauteur. (*Voyez* CHUTE.) Ainsi, la force du choc est égale au poids enlevé multiplié par cette vitesse : on divisera le produit de ces deux nombres par le poids du corps choquant, et on aura pour quotient la vitesse de ce dernier.

Lorsqu'un système est en équilibre, on appelle *vitesse virtuelle* d'un de ses points, la vitesse qu'il prendrait en vertu de sa liaison aux autres parties, si, par une cause quelconque, l'équilibre était rompu. Or, c'est un théorême qu'on démontre dans la mécanique transcendante, que, si une machine est retenue en équilibre par des puissances quelconques, et qu'on n'ait point égard au frottement, ni aux résistances étrangères, en faisant prendre au système un petit mouvement, chaque point d'application des forces décrira un espace qu'on projettera sur la direction de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

force qui le sollicite ; on fera le produit de cette force par cet espace, et *la somme de tous les produits de cette espèce sera égale à zéro*, en prenant en *moins* ceux de ces produits qui proviennent d'espaces décrits en sens contraire des forces : ou, en d'autres termes, *la somme des produits de chaque force par la vitesse virtuelle du point sur lequel elle agit, est nulle*, les vitesses étant estimées dans les sens des forces.

Ce théorème est propre à donner, dans toute machine quelconque, la relation entre les puissances, dans le cas d'équilibre; et pour conclure le cas où le mouvement est produit, il ne s'agit plus que d'accroître ou diminuer certaines forces, de manière à surmonter le frottement et les autres résistances.

Le plus ordinairement, il n'y a que deux forces qui agissent l'une contre l'autre par l'intermédiaire d'une machine. Pour obtenir la relation d'équilibre entre ces forces P et Q, on supposera que le système prend un petit mouvement autour des points ou axes fixes qui s'y trouvent, et on mesurera les espaces qui auront été décrits, en vertu de la liaison des parties, par les points auxquels les forces sont appliquées, et on estimera ces espaces dans la direction de chaque force respective. En désignant par p et q ces longueurs, la condition d'équilibre sera exprimée par l'équilibre $P\,p = Q\,q$, et on remarquera que l'un de ces espaces, p et q, est dans le sens même où la force agit, tandis que l'autre est en sens opposé. Tel est l'idée qu'il faut attacher au théorème cité à l'article MACHINE qui, comme on voit, n'est qu'un cas très particulier d'une proposition embrassant tous les cas possibles.

Il convient de remarquer que le principe des vitesses virtuelles est si simple et si facile à concevoir, qu'on le trouve exposé avec une clarté remarquable dans un ouvrage de littérature, où l'on ne s'attendrait pas à le rencontrer. (*V.* l'article *Force* dans le Dictionnaire philosophique de Voltaire).

Nous avons montré l'usage de cette proposition aux articles VIS, VIS SANS FIN, etc.; donnons-en encore ici quelques applications.

Dans le LEVIER (fig. 1, pl. 35), si les deux forces parallèles P et R sont en équilibre, nous remarquons qu'en faisant incliner

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la barre BC, comme on le voit (fig. 2), les points d'application B et C décrivent des arcs qui sont dans le même rapport que les longueurs AB, AC, des bras de leviers; ces bras peuvent donc être substitués comme facteurs à ces arcs; mais les arcs sont ici dans les directions mêmes des forces; donc la force P, multipliée par son bras de levier AB, forme un produit égal à celui de la force R, multipliée par son bras de levier AC.

Et si les forces sont obliques (comme dans la fig. 3), en faisant tourner le levier autour du point d'appui A, les extrémités B et C décriront des arcs de cercle, dont le centre est en A, et qui seront projetés sur les directions PD, RE des deux forces, selon des longueurs visiblement proportionnelles aux perpendiculaires AD et AE abaissées sur leurs directions; ainsi, AD et AE pourront être substitués comme facteurs aux projections de ces arcs décrits. Donc, $P \times AD = R \times AE$, dans le cas d'équilibre. Ces théorèmes sont ceux du levier statique; ils s'appliquent également au cas d'un levier coudé (fig. 7.) *V.* l'article LEVIER.

L'équilibre du TREUIL (fig. 7, pl. 60), est facile à exposer; car l'espace que détruit le poids R en montant, et celui que parcourt le point E quand on fait tourner la roue et le cylindre, sont des arcs visiblement proportionnels à leurs rayons *fe*, FE; ainsi, dans le cas d'équilibre, la force P, multipliée par le rayon FE de la roue, et le poids R, multiplié par le rayon *fe* du cylindre, doivent former des produits égaux. Cette proposition est applicable à la CHÈVRE (fig. 1 et 2, pl. *id.*), au CABESTAN (fig. 5, pl. 8 *bis*), et à toutes les machines fondées sur le treuil. Ce que nous avons dit du rapport des vitesses des ROUES DENTÉES, formant engrenage (T. XVIII, p. 391, pl. 54, fig. 9), n'est même que l'application littérale du principe des vitesses virtuelles à cet appareil.

Enfin, dans l'équilibre du PLAN INCLINÉ (fig. 12, pl. 45), il est clair que si le poids M, représenté par la force P', est retenu sur le plan AB par la force P, et qu'on donne un petit choc qui fasse descendre ce poids M le long de ce plan, l'espace décrit L de M vers A aura pour projections sur les directions des forces $L\cos\theta'$, $L\cos\theta$, en donnant aux angles les dénominations θ et θ'

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que la fig. indique ; égalant les produits de ces projections par les forces, et supprimant le facteur L, qui est commun, on trouve la condition connue d'équilibre $P \cos\theta = P' \cos\theta'$.

Nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet, qui est d'une telle généralité, qu'on peut le regarder comme la base de toute la statique, et que même l'illustre Lagrange l'a fait servir de principe fondamental à sa mécanique. Il n'existe aucune machine, quelque compliquée qu'elle soit, qui ne puisse être considérée comme offrant une application de cette doctrine.

Nous avons fait voir à l'art. MOUVEMENT que le principe fécond des vitesses virtuelles était la démonstration du théorème le plus important de la mécanique pratique, *que ce qu'on gagne en temps, est toujours perdu en puissance* dans toute machine quelconque, et que par conséquent le *mouvement perpétuel* est impossible. Il est donc inutile de revenir sur ce sujet. FR.

VITRIER (*Technologie*). L'art du *vitrier* consiste dans deux objets différens :

1° A employer le verre en tables qu'ils coupent avec le diamant, en pièces de la grandeur et de la forme des châssis de bois ou de métal que leur présentent les emplacements qu'on veut fermer avec des feuilles de verre qu'on nomme *vitres* ; à les assujettir d'abord provisoirement à l'aide de quelques pointes ; et puis soit avec des bandes de papier collées à la colle de farine, soit avec du mastic, dit de *vitrier*, composé de céruse broyée à l'huile seccative.

2° A former les vitraux d'église et des lanternes avec des petits morceaux de verre à vitre montés en plomb fondu et tiré avec une double rainure, à l'aide d'un outil nommé *tire-plomb*, dont nous nous dispenserons de donner ici la description que l'on peut lire dans le tome 8 de l'*Encyclopédie methodique*, division des Arts et métiers, page 667, qui est accompagnée de huit grandes planches qui ne laissent rien à désirer. Nous ferons observer seulement que ce ne sont pas les vitriers qui peignent sur verre. L.

VIVIER (*Technologie*) Ce mot n'a pas conservé la signification générale qu'il avait autrefois. Aujourd'hui il est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

employé particulièrement pour désigner un réservoir d'eau, ou un très petit étang, construit en maçonnerie, attenant à l'habitation, et dans lequel on conserve vivans les poissons qu'on a péchés dans les rivières ou les étangs, afin de les y trouver au besoin.

On donne aussi le nom de *vivier* à un grand bateau plat qui renferme, dans l'eau, le poisson vivant, pêché à une distance considérable d'une grande ville ; ce poisson est déposé dans un vivier d'où on le retire à volonté pour la consommation de cette ville. (*Voyez* ÉTANG, tome VIII, page 292.) L.

VOILE, VOILURE. La *voile* est un assemblage de plusieurs lés ou bandes de toile forte et croisée, ou autre tissu flexible, formant une surface étendue proportionnée au bâtiment, et que l'on déploie et présente à l'impulsion du vent, pour procurer une vitesse au vaisseau à travers le fluide sur lequel il vogue. Il y a des voiles de différentes formes : les *carrées*, les *trapézoïdes* et les *triangulaires* ou *latines*. Il n'entre pas dans notre plan d'énumérer les différentes voiles que portent les divers bâtimens.

Le mot *voilure* est un nom collectif qui signifie tout l'appareil et l'assortiment des voiles d'un vaisseau.

Voilure se dit aussi de la manière particulière d'orienter les voiles et de les porter pour naviguer, suivant les différents vents, ou suivant la force du vent, ou l'état de la mer dans différentes circonstances.

VOIRIE (*Petite et Grande*). On désigne ainsi deux branches administratives qui comprennent dans leur ressort divers objets relatifs à la *voie* publique et aux usines. On donne encore la même dénomination au réceptacle des immondices des grandes villes, et notamment des VIDANGES. Nous dirons dans le Supplément quels sont les moyens nouveaux qui permettent de désinfecter bientôt les matières, en les rendant applicables immédiatement à l'agriculture, constituant ainsi l'une des plus importantes industries contemporaines. P.

VOLANT (*Arts mécaniques*). On donne ce nom à deux espèces d'appareils ; ce sont des corps tournant rapidement sur un arbre, destinés l'un à donner de la régularité au mouvement de rota-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion, l'autre à ralentir la vitesse ou retarder le développement de la force motrice. Nous examinerons ces deux systèmes tour à tour.

Il est rare que le mouvement de rotation d'une machine soit uniforme: tantôt la puissance motrice a des accès alternatifs de force et de faiblesse; tantôt c'est la résistance qui n'est pas constante; souvent ces deux causes se réunissent pour s'opposer à l'uniformité du mouvement. C'est avec un volant qu'on la produit.

Ce volant est une grande roue massive, montée sur l'arbre tournant, avec lequel elle est solidaire, accomplissant autant de révolutions que cet arbre. Voici l'effet de cette machine. La force motrice s'emploie d'abord en pure perte pour animer cette masse; mais, dès que le mouvement est produit, elle contribue à l'entretenir, en dépensant à son tour la force vive dont on l'a pourvue, et ajoute à la vitesse de rotation, dans les instans où la force cesse d'agir, ou est trop faible pour surmonter les résistances.

L'exemple le plus ordinaire de l'emploi d'un volant est celui où la puissance agit sur une MANIVELLE. On sait que l'homme qui tourne le bras d'une manivelle n'exerce presque aucune action quand il le relève, et que toute sa force s'y développe avec le plus d'avantage quand il pousse ce bras devant lui, et y appuie en s'aidant du poids de son corps. Ainsi, il y a, comme on a coutume de le dire, UN TEMPS MORT, ce qui signifie que la force n'agit activement que pendant environ un quart ou un tiers de la circonférence qu'elle décrit.

Et si la manivelle est menée par le balancier d'une MACHINE A VAPEUR, à double effet, chaque révolution a deux temps morts; car il est facile de voir que, quand la bielle tend directement à l'axe de rotation, elle ne peut faire tourner le bras de la manivelle.

On monte alors un volant sur l'arbre de rotation, et la force vive, que lui imprime la puissance pendant sa phase d'intensité, est restituée par cette masse pendant l'intermittence; en sorte que la rotation est à peu près uniforme. Il ne faut pas croire,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec quelques personnes peu éclairées, que le volant soit destiné à accroître la force motrice; il n'a pour but que d'en régulariser les effets; c'est pour ainsi dire un réservoir de force que le moteur remplit à ses dépens quand son action est la plus intense, et qui la dépense ensuite quand le moteur est dans son accès de faiblesse.

C'est ainsi que, dans les laminoirs mus par un cours d'eau, la force motrice peut être considérée comme constante : on en dépense une partie à faire tourner *à vide* le volant; et, lorsqu'il marche rapidement, on charge le laminoir que le cours d'eau ne pourrait seul faire tourner en surmontant la résistance; mais le volant ajoute sa puissance à celle de la chute d'eau, et fait fonctionner la machine, sauf à recommencer peu après la même manœuvre.

Il faut toujours proportionner la masse et la vitesse du volant à l'effet qu'on veut obtenir. Pour mouvoir la manivelle d'une pompe à bras par une rotation continue, un petit volant circulaire est suffisant; mais, dans les grandes machines à vapeur, le volant est souvent énorme. Comme la force vive de ce corps est mesurée par $\mathrm{M}v^2$, M étant sa masse et v sa vitesse, le même effet peut être obtenu en augmentant M et diminuant v, ou réciproquement. Mais il faut observer qu'il y a toujours de l'avantage à diminuer la masse et à accroître la vitesse, parce que d'une part ce dernier facteur est au carré, tandis que de l'autre, en augmentant la masse, on charge les tourillons et on rend les frottemens plus considérables.

Il ne faut pas oublier que le volant dissipe toujours une partie de la force vive qu'on lui confie, tant par les frottemens de l'arbre que par la résistance de l'air, qui croît comme les carrés des vitesses. Mais cette résistance est ici très faible, à cause de la forme circulaire du volant, à moins qu'on ne le compose de masses disposées en cercle et symétriquement autour de l'arbre tournant : ainsi, les plus grands volans, surtout pour les machines à vapeur, sont préférables à ceux qui sont très pesans.

La limite de grandeur des volans est cependant déterminée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par l'emplacement où on loge la machine, et par les difficultés et frais de fonte et d'ajustement de ces grands appareils. On les fond en deux ou trois parties quand ils ont 12 à 15 pieds de diamètre, et chacune de ces pièces est formée d'une portion de jante, d'une portion de moyeu, et de deux ou trois raies. On ajuste ensuite le tout sur place, on alèse le moyeu et on monte. L'usage des praticiens est de donner au diamètre du volant 5 à 6 fois celui de la manivelle. Hachette a calculé la masse M d'un volant capable de surmonter seul les résistances pendant 5 tours de la manivelle et de son arbre, le diamètre du volant étant 5 fois celui de la manivelle, et il obtient la formule

$$M = 37{,}47 \times \frac{pd^2}{nl}.$$

l est la course du piston, d son diamètre, n le nombre de tours du volant par minute, et p la pression sur un mètre carré de surface. L'unité est le mètre pour l, d, et le kilogr. pour p et M; comme le volant est en fonte de fer, il est facile d'en calculer l'épaisseur.

On trouvera (1) de même que si le volant d'une manivelle est construit de manière à pouvoir animer une machine quelconque, la faire fonctionner et entretenir son mouvement pendant i tours

(1) La masse M du volant doit élever ce poids M à la hauteur h en 1″, son effet dynamique $= Mh = \frac{Mv^2}{2g}$, v étant la vitesse due à la hauteur h, et $g = 9^m81$, $v^2 = 2gh$ (V. Chute). Mais la circonférence du volant $= \pi D$ et fait n tours par minute, savoir : $v = \frac{\pi D n}{60}$ par seconde. Ainsi $Mh = \frac{M\pi^2 D^2 n^2}{60^2 . 2g}$. Le volant fait un tour en $\frac{60''}{n}$; ainsi son effet dynamique, ou le nombre de kilog. qu'il peut élever à 1^m par tour de volant, est $\frac{M\pi^2 D^2 n}{120g}$. Puisque cet effet pendant i tours doit équivaloir à i fois P, en égalant ces valeurs, on trouve $M = \frac{120\, iPg}{\pi^2 D^2 n}$, formule qui revient à celle du texte, en mettant 9^m81 pour g, et 3,14159 pour π.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'arbre, que cet arbre fasse n tours par minute, que le diamètre du volant soit D, sa masse sera :

$$M = 119{,}26 \times \frac{iP}{nD^2}$$

P étant l'effet dynamique que doit produire la machine par tour de volant,, c'est-à-dire le nombre de kilogr. qu'on veut élever à 1 mètre de hauteur. M et P sont exprimés en kilogr. et D en mètres.

Lorsqu'il s'agit de mouvoir un bateau à vapeur, une meule de moulin, une meule de rémouleur, la pédale d'un rouet, celle d'un tour de tourneur, etc., comme la vitesse acquise par la masse qu'on fait mouvoir tend à conserver le mouvement, cette masse fait fonction de volant et dispense d'en faire usage ; la pédale se relève d'elle-même quand on cesse de la presser.

La force centrifuge d'un volant ne produit aucun effet sur l'arbre tournant, parce que les divers points en sont disposés symétriquement de part et d'autre de l'axe. Cependant, il arrive quelquefois qu'on charge davantage certaines parties de ce corps que d'autres, pour que, se trouvant placées plus favorablement dans les temps morts de la manivelle, l'action en soit plus énergique. C'est ce qu'on fait dans les machines à vapeur à simple effet et dans d'autres circonstances. Dans ce cas, la force centrifuge tend à faire sortir le volant et son arbre de ses collets, et le constructeur doit avoir égard à cette circonstance.

Le volant doit être fixé près de la force motrice, quand c'est elle qui est irrégulière, c'est-à-dire sur l'arbre qu'elle fait tourner directement. On le fixe près de la résistance quand c'est celle-ci dont on veut corriger les inégalités.

La seconde espèce de volant est destinée à modérer la vitesse de rotation. Nous en avons donné un exemple ingénieux dans le Régulateur que Watt a employé dans ses machines à vapeur. Mais le plus souvent, on se contente de placer à l'extrémité de bras symétriques des masses qn'on fait rapidement circuler, ou bien on se sert d'un plan ou aile mobile qui frappe vivement l'air. Comme la résistance de l'air croît proportionnellement au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

carré des vitesses, il en résulte le ralentissement de la force imprimée par le moteur.

C'est ce qu'on remarque dans les TOURNEBROCHES, où, par un engrenage, on fait circuler rapidement, à l'aide d'une vis sans fin, un croisillon en métal dont chaque bras porte une masse au bout. Ce système remplit à la fois les deux conditions d'être un régulateur du mouvement et un modérateur de la force motrice: car les inégalités de poids de la pièce qu'on veut rôtir sont corrigées par ce volant, qui ne laisse développer qu'avec une lenteur calculée sa force motrice, force qui est un poids descendant, ou un ressort spiral.

Les SONNERIES des pendules portent un engrenage qui imprime une vitesse considérable à un axe de rotation qu'on garnit d'une lame ou d'un aile frappant vivement l'air. La résistance de l'air est assez considérable pour retarder le développement du ressort moteur, et laisser entre les coups de marteau un temps suffisant pour laisser compter les résonnances du timbre qu'il frappe; et lorsque l'arrêt qui limite la sonnerie intervient, pour éviter le choc qu'éprouverait cette aile, on la monte sur une roue de rochet qui lui laisse la facilité de continuer seule quelques pas, et d'épuiser sa force.

Dans les LAMPES mécaniques de Carcel et autres, le moteur est aussi un ressort spiral roulé dans un barillet, dont le développement met en jeu la pompe qui monte l'huile : ce développement est ralenti par un volant qu'un système de roues dentées fait rapidement circuler; en sorte que la durée de l'action du ressort suffit aux plus longues soirées, sans qu'il soit nécessaire de le remonter. FR.

VOLATILISATION. *V.* SUBLIMATION. P.

VOLUME (*Arts de calcul*). On rencontre souvent dans les arts l'occasion d'évaluer le volume des corps : nous donnerons ici l'appréciation de ces quantités, et nous ne nous servirons que des nouvelles mesures françaises, dont les rapports avec les anciennes ont été exposés à l'art. MESURE.

On commence par choisir pour unité linéaire une longueur telle que le mètre, le décimètre, etc., et on a pour but de cher-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cher combien de fois le volume d'un corps proposé contient d'unités cubiques, ayant pour côté l'unité linéaire. Ce nombre de fois est la mesure de ce volume.

Si le corps a une forme régulière et géométrique, on en évalue les trois dimensions en se servant de cette unité linéaire; le calcul fait ensuite connaître le volume, d'après les théorèmes de géométrie, dont nous rappellerons ici succinctement les énoncés.

Le volume d'un prisme ou d'un parallélipipède quelconque est le produit de la surface de sa base par sa hauteur.

La même règle convient aussi au cylindre: si l'on désigne par R le rayon du cercle de la base, et par H la hauteur, le volume $= 3,14159 \times R^2H$.

Le volume d'une pyramide est le tiers du produit de la base par la hauteur.

La même règle s'applique au cône: R et H conservant l'acception ci-dessus, le volume du cône $= 1,0472 \times R^2H$.

Le tronc de prisme triangulaire a pour volume le produit de sa base par le tiers de la somme des hauteurs des trois sommets. En décomposant un prisme quelconque tronqué, en prismes triangulaires, par des plans conduits suivant une arrête et ses parallèles, on obtient le volume de ce corps qui est la somme de ces prismes.

Le volume du tronc pyramide triangulaire à bases parallèles est $\frac{1}{3}H(B+b+\sqrt{Bb})$, B et b désignent les aires de ces bases, et H la hauteur du tronc. Ce théorême sert à trouver le volume d'un tronc de pyramide quelconque, en le décomposant comme le prisme ci-dessus.

Le volume du tronc de cône à bases parallèles s'obtient par la même formule qui se réduit à $1,0472 \times H(R^2+r^2+Rr)$, en désignant par R et r les rayons des bases.

Le volume de la sphère est le produit de sa surface par le tiers du rayon, ou, ce qui équivaut, *du cube du rayon par le nombre* $4,1888 = 4,1888 \times R^3$.

Le volume du segment sphérique à une seule base

$$= 1,0472\, h^2\,(3R-h);$$

en désignant par h la hauteur ou *flèche* de ce segment, et par R le rayon de la sphère.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le volume du segment sphérique à deux bases $= 1,5708\,h(r^2 \times r'^2) + 0,5236\,h^3 = 1,5708\,h\,(r^2 + r'^2) + 0,5236\,h^3$ h est la hauteur du segment, r et r' les rayons des deux bases parallèles.

Le volume du segment sphérique $= 2,0944 \times R^2\,h$, R étant le rayon de la sphère, h la hauteur de la calotte ou *flèche*.

Voici quelques exemples numériques propres à montrer l'application de ces théorêmes.

Un mur a $2^m,8$ de hauteur, 6 décimètres (ou $0^m,6$) d'épaisseur et 104^m5 de longueur : le produit de ces trois nombres est 175,56; ainsi le volume total est de 175,56 mètres cubes ou 175 mètres cubes et 560 décimètres cubes.

Une pile de bois, rangée en forme de parallélipipède a 22^m3 de largeur, 54^m8 de hauteur, 37^m1 de longueur; combien contient-elle de stères ou mètres cubes? On multiplie ces trois nombres, et on a 45337 stères et 684 décimètres cubes.

Une chaudière cylindrique a 8,3 décimètres de profondeur, 13 décimètres de largeur; quelle est sa capacité? Le carré du rayon 6,5 est 42,25 décimètres carrés; multipliant par 8,3 et par 3,14159, le produit limité à 3 décimales est 1101,677; ainsi la chaudière contient 1101 litres ou décimètres cubes, et la fraction 0,677 de litre (à peu près 11 hectolitres).

Un puits profond de 6^m9 a 1^m2 de diamètre intérieur; son bâti a 5 décimètre d'épaisseur; on demande quel cube il a fallu de pierre pour sa construction? On calcule les volumes du cylindre vide et intérieur, et du cylindre extérieur considéré comme plein, et on prend la différence. Pour le premier, on fait le carré du rayon 0^m6 qu'on multiplie par 6^m9 et par 3,14159, et on a 7,8037 mètres cubes. Pour le second, on fait le carré du rayon 1^m1, et on multiplie par 6^m9 et par 3,14159; il vient 26,2291; la différence 18,425, en se bornant à trois décimales, est le volume cherché : la construction du puits a exigé 18 mètres cubes et 425 décimètres cubes.

Un seau en forme de cône tronqué, à 2,9 décim. et 2,3 décim. de largeur à ses deux bases; la profondeur perpendiculaire est de trois décimètres; combien ce vase contient-il de litres? Les carrés des rayons 1,45 et 1,15 sont 2,1025 et 1,3225; le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

produit de ces rayons est 1,6675 : la somme de ces trois nombres est 5,0925 décimètres carrés ; multipliant par la hauteur 3 et par 1,0472, le produit est 15,9985 décim. cubes ; le volume du seau est donc de près de 16 litres. Si l'on veut savoir combien la chaudière qu'on vient de prendre pour exemple contient de seaux, on divisera 1101 par 16, et on aura environ 69 seaux.

On trouvera à l'art. JAUGEAGE le calcul propre à faire connaître la capacité d'un tonneau.

Lorsque le corps dont on cherche le volume est irrégulier, on le conçoit partagé par des plans convenablement conduits, en d'autres corps dont chacun soit géométrique, ou si près de l'être qu'on puisse sans erreur notable les considérer comme tels.

Au reste, le *volume d'un corps peut se déduire de son poids;* car nous avons vu à l'article POIDS SPÉCIFIQUE, qu'en multipliant le volume du corps par le nombre de notre table qui exprime ce dernier poids, ou celui d'un égal volume d'eau, on obtient le poids du corps : donc, *en divisant le poids d'un corps en kilogr. par son poids spécifique, le quotient exprime le volume de ce corps en décimètres cubes*, etc.

Ainsi un essieu de fer pèse 80,32 kilogr., et on sait que le fer pèse 7,7 fois plus que l'eau : divisant 80,32 par 7,7, on trouve que le volume est 10,43 décimètres cubes, ou 10430 centimètres cubes. FR.

VOLUMES (*Mesures étrangères*). Nous avons donné à l'art. MESURES les rapports des unités métriques françaises avec celles des divers pays qui sont en relations commerciales avec nous : mais, à l'exception des mesures de la Grande-Bretagne et du canton de Vaud, il n'y a pas été traité des mesures de volumes, nous réservant d'en faire le sujet d'un article séparé. Nous allons nous en occuper ici.

1°. *Mesures pour les substances sèches.*

Berne, le mutt = 168,132 litres, il se divise en 12 mass, 48 immi, 96 achterli.

Bâle, le sack = 136,66 litres = 8 scheffel ou mudde = 32 kupflein = 64 becher.

Genève, la coupe de blé = 77,653 litres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Hollande, le scheppel = 27,814 litres.

Autriche, le metzen = 61,496 litres = 4 viertel = 8 achtel.

Bohéme, le strick = 106,771 litres = 4 viertel = 16 messel = 192 seidel.

Milan, le moggio = 146,24 litres = 8 staja = 32 quartari = 128 meta = 512 quartini.

Venise, le moggio = 80 litres = 8 staja = 16 quartari = 64 quartoli.

Bavière, le scheffel = 222,354 litres = 6 metzen = 15 viertel = 48 messel.

Augsbourg, le schaf de blé = 205,3 litres = 8 metzen = 32 vierling.

Nuremberg, le malter = 318,1376 litres = 16 metzen = 128 maas.

Belgique, le mudde = 100 litres.

Brunswick, le himten = 31,167 litres.

Dannemarck, le toonde = 139 litres = 8 skieps = 144 pots.

Espagne, la fanega d'avila qui est l'étalon légal = 50,02 litres; elle se divise en 2 et 4 parties, et aussi en 12 celemines; la celemine vaut 4 quartillos, 8 octovos, 16 octovillos. On fait aussi usage du cahiz, mesure imaginaire, de 16 fanegas. On emploie encore une fanega qui vaut 56,351 litres, etc.

Rome, le rubbio = 294,46 litres = 4 quarte = 16 scorzi = 32 quartucci. On le divise aussi en 12 ou 16 stari, et en 22 scorzi.

Hambourg, le scheffel de blé = 105,296 = litres = 2 fass = 4 himten = 16 spint.

Hanovre, l'himten = 31,16 litres = 3 metzen.

Constantinople, le killot de blé = 33,148 litres.

Parme, le stajo = 51,37 litres = 16 quarterole.

Pologne, le korzec = 128 litres = 4 cwierc = 32 garniec.

Portugal, la fanega = 54,2633 litres = 4 alquieros = 16 quartos.

Prusse, le scheffel = 54,961 litres = 16 metzen = 48 viertel; il y a aussi un scheffel de 54,73 litres = 4 viertel = 16 metzen.

Cologne, le malter = 143,54 litres = 8 fass.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Russie, le tchetvert = 209,74 litres = 2 osmine = 4 payak = 8 tcheverick = 32 tchetvertka = 64 garnietz.

Piémont, le sac de blé = 115 litres = 3 staje = 6 mine = 12 quartieri = 48 copelli.

Gênes, la mina = 120,716 litres = 8 quarti = 96 gombette.

Saxe, *Dresde*, *Leipsick*, le scheffel = 103,9 litres = 4 viertel = 16 metzen; le vispel = 2 malter = 24 scheffel.

Sicile, *Naples*, le tomolo = 55,134 litres = 4 quarte; à Palerme la salma grossa = 34,431 litres = 14 staja, la salma ordinaire = 27,669 litres.

Suède, la tunna = 146,49 litres = 2 spann = 8 fjerdingar = 32 koppar = 56 kann.

Toscane, le stajo = 24,369 litres = 2 mine = 4 quarti = 32 mezette; le modio = 24 staja.

Wurtemberg, le scheffel = 177,22 litres = 8 simri = 32 vierling.

Mesures de liquides.

Bâle, *Berne*, le maas = 1,671 litres, l'ohm = 45,507 litres = 128 pots.

Genève, le setier = 45,224 litres = 48 pots, le char vaut 12 setiers.

Hollande, l'aam de vin = 155,224 litres = 4 anker = 8 stekan = 64 stoop = 128 mengel = 256 pintes = 512 mutjes. Le stekan de bierre = 19,656 litres = 16 mengel = 32 pintes. Le stop = 2,425 litres.

Autriche, l'eimer = 56,6 litres = 4 viertel = 40 maas = 70 kopfen = 168 seidel. L'eimer de Bohême = 64,167 litres = 32 pintes = 128 seidel.

Milan, la brenta = 75,552 litres = 3 staja = 6 mime = 12 quartari = 48 pintes = 96 boccali.

Venise, le secchio = 10,8 litres = 4 bozze = 16 quartuzzi; le miro d'huile = 15,238 litres.

Bavière, l'eimer de vin = 68,416 litres = 64 maas = 256 quartel.

Augsbourg, le maas = 1,177 litres; le fuder = 16 muids = 768 maas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Belgique, le vat = 100 litres.

Brunswick, le stubgen = 3,74 litres; le fuder = 4 oxoft = 6 ams = 240 stubgen.

Danemarck, le viertel = 7,7223 litres = 4 kan = 8 pots; l'auker = 37,646 litres = 39 pots.

Espagne, la cruche ou cantara = 32 quartillos = 8 azumbres; le quartillo = 0,50431456 litres et se divise en 2 et en 4 parties. On se sert en outre d'une mesure imaginaire, el moyo, qui vaut 16 cantaras. Une multitude d'autres unités locales sont en usage. Il y a un arroba de vin = 16,073 litres = 8 azumbres; une autre d'huile = 12,633 litres, etc.

Rome, le baril de vin = 58,3416 litres = 32 boccali = 128 fogliette; la botte vaut 16 barils; le baril d'huile = 57,48 litres = 28 boccali = 112 fogliette = 448 quartucci. La soma d'huile = 164,23 litres = 80 boccali; le boccal = 2 pelli ou mastelli = 20 cagnatelle.

Hambourg, l'ahm = 144,4 litres = 4 anker = 5 eimer = 20 viertel = 40 stubgen = 160 quarters.

Hanovre, l'ahm = 156,862 litres, se divise comme à Hambourg.

Constantinople, l'almude = 5,227 litres.

Pologne, le garnice = 4 litres = 4 kwarta = 16 kwaterka.

Portugal, l'almude = 16,541 litres = 12 canadas = 48 quartillos.

Prusse, l'eimer de vin = 68,69 litres = 2 anker = 60 viertels; l'ohm = 149,7973 litres = 2 eimer.

Cologne, l'ohm de vin = 138,22 litres = 26 viertels = 104 maas.

Russie, le vedro = 12,29 litres = 100 tcharkey.

Piémont, le rubbio = 9,389 litres = 6 pintes = 12 boccali.

Gênes, la mezzarola de vin = 148,45 litres = 2 barilli = 100 pirtes.

Saxe, l'eimer = 67,43 litres = 72 kann : l'eimer de Leipsick = 75,852 litres = 63 kann.

Sicile, *Naples*, le baril de vin = 43,621 litres = 60 caraffi; le carro = 2 botte = 24 barils. La salma d'huile = 158,459 litres =

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

16 staja = 256 quarti. A Palerme, la salma = 87,36 litres = 8 barils = 16 quartari = 320 quartini; le caffino = 11,7 litres, et pèse 12,5 rotoli.

Suède, la tunna = 125,52 litres 48 kann.

Toscane, le baril de vin = 45,584 litres = 20 fiaschi = 80 mezette; le baril d'huile = 33,426 litres = 16 fiaschi = 64 mezette; la soma = 2 barils.

Voyez les tables de M. Guérin, à la fin de la géographie de M. Balbi. FR.

VOUTÉ, VOUSSOIRS (*Architecture*). Une voûte est composée de pierres appelées *voussoirs*, dont la forme est celle d'un *coin tronqué*, c'est-à-dire plus étroites au bout intérieur; en sorte que la tendance que chacune a à tomber est détruite par les voussoirs voisins qui ne laissent entre eux qu'un passage trop étroit pour que l'intermédiaire puisse descendre. Le voussoir du sommet de la voûte est la *clef;* c'est lui qui serre toutes les parties les unes contre les autres, et maintient l'équilibre.

Pour construire une voûte, on établit d'abord un bâtis en charpente, en forme de demi-cercle, d'un rayon égal à celui de la voûte. Ce bâtis, mis en place, sert à soutenir les voussoirs qu'on y apporte successivement, jusqu'à ce que la clef soit posée. Alors on enlève cette charpente pour l'établir plus loin et prolonger le berceau. Quant aux voussoirs, chacun est taillé à part, d'après une épure qui en détermine les dimensions exactes; car il ne faut pas qu'on soit réduit à la nécessité de travailler les pierres après coup lorsqu'on les a mises en place, afin d'en réparer les irrégularités. C'est l'*appareilleur* qui fait les épures et ordonne la taille, que la voûte soit droite ou oblique, horizontale ou en descente, etc.

On lie ordinairement les voussoirs par un mortier de chaux et ciment, pour éviter de laisser quelques espaces vides sur lesquels agiraient les animaux, ou les influences atmosphériques, pour en accélérer la destruction.

La surface courbe du voussoir, qu'on aperçoit sous la voûte, est appelée *intrados*, l'extérieur *extrados;* les *joints* sont les faces planes, selon lesquelles les pierres s'appliquent l'une contre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre. Nous ne dirons rien ici de la POUSSÉE DES VOUTES ou de l'effort auquel il faut résister pour empêcher le renversement de la construction ; ce sujet a été traité ailleurs.

Ce que nous venons de dire des voûtes en pierres de taille peut être appliqué aux voûtes en moellons, en meulières, en briques, etc. ; on a même imaginé de cuire des poteries en leur donnant la forme de voussoirs qu'il ne s'agit plus que de mettre en place et lier entre elles. Les berceaux de caves sont faits en voûtes, destinées à porter les terres qui constituent le rez-de-chaussée. FR.

Z.

ZIG-ZAG (*Arts Mécaniques*). Concevez un appareil formé de deux branches croisées en X, ayant un axe de rotation au point de croisement, à la manière des *ciseaux* : en rapprochant l'un de l'autre les bouts inférieurs des branches, le même effet se produira sur les extrémités opposées, et la vitesse de celles-ci croîtra avec la longueur relative des branches supérieures. La tenaille ou pince dont on se sert dans les bancs à tirer et les tréfileries, ou lorsqu'on veut soulever des fardeaux, est un exemple du parti que la mécanique peut tirer de cet appareil fort simple. Les fig. 3, 4 et 5, pl. 61 des Arts mécaniques, montrent comment on l'emploie. La fig. 15, pl. 39, en indique une autre application, ayant pour objet de changer le mouvement rectiligne alternatif d'une bielle *hi*, en mouvement de rotation continu d'une roue *bd*.

La règle PARALLÈLE, fig. 7, pl. 12 des Arts de calcul, et même le PANTOGRAPHE, fig. 2, même pl., peuvent être considérés aussi comme des modifications du même principe. Il est inutile de multiplier les citations de ce genre ; car la mécanique emploie de manières très variées l'appareil très simple que nous venons de décrire.

Concevez maintenant qu'une seconde X soit placée au dessus de la première, les bouts supérieurs de l'une étant articulés par des axes de rotation avec les bouts inférieurs de l'autre ; qu'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

troisième X soit assemblée de même au bout de la seconde, et ainsi de suite. Le système ainsi formé est ce qu'on appelle un ZIG-ZAG. L'effet de cet appareil consiste à rapprocher les extrémités de leurs bases, lorsqu'on éloigne celles-ci, et réciproquement. On compose de cet assemblage un jouet d'enfant, en faisant porter par chaque axe de rotation une petite figure de soldat; le mouvement qu'on donne aux deux branches inférieures de la première X produit dans ces figures des espèces d'évolutions.

Le zig-zag est rarement employé en mécanique, à cause que la force motrice y éprouve beaucoup de désavantage sous le rapport de l'intensité développée, qui se traduit en augmentation de vitesse, sauf la perte due aux frottemens des nombreux axes de rotation. Toutefois le P. Duvivier l'a appliqué à une machine destinée par lui à remonter les bateaux (machines approuvées par l'Académie des sciences, tome VI, n° 429). Leupold dans son *Theatrum machinarum*, donne quelques exemples de l'usage du *zig-zag*. On trouve encore des applications de ce même mouvement à des machines très imparfaites dans l'ouvrage de Jacques Besson (*Théâtres des instrumens de mathématiques*). Cet auteur communique le mouvement alternatif circulaire par une vis fixe, composée de deux parties taillées en vis, et dont les hélices tournent en sens opposés. La vis, en tournant, oblige deux écrous, qui se trouvent aux extrémités des deux dernières branches du zig-zag à s'éloigner et à se rapprocher alternativement. Ce mécanisme peut recevoir quelques utiles applications.

L'usage le plus remarquable du zig-zag est l'emploi qu'on en fait dans le DÉVIDOIR; l'asple se replie et se trouve réduit à un très petit volume quand on n'en veut pas faire usage, et peut se développer et s'étendre de manière à enrouler le fil sur des contours de dimensions variées. Ce mécanisme est trop connu pour exiger une plus longue description; il est ici d'une utilité et d'une simplicité très ingénieuse. FR.

ZINC. L'époque de la découverte de ce métal ne paraît pas très ancienne; les Romains ne se servaient pas du zinc à l'état métallique, mais ils connaissaient l'emploi des minerais de zinc dans la fabrication du laiton, ou cuivre jaune, et ils savaient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'en les faisant brûler, il s'en volatilisait une espèce de cendre blanche, qui avait des vertus médicinales importantes. Longtemps l'usage du zinc a été borné à la fabrication du laiton. Depuis trente ans environ, on est parvenu à laminer ce métal avec facilité, et maintenant on emploie le zinc concurremment avec le plomb pour certains usages, principalement pour la couverture des édifices, et la confection de tuyaux. Depuis une dixaine d'années surtout, la consommation du zinc a augmenté dans une très grande proportion; elle était en France, en 1821, d'environ 1000 quintaux métriques; elle surpasse maintenant 2000 quintaux, indépendamment de la calamine. Quelque extension que l'usage du zinc ait acquis, néanmoins la plus grande consommation de ce métal a lieu pour la fabrication du laiton.

Propriétés principales du zinc. Il est d'une couleur blanche, brillante avec une nuance de bleu; sa structure est lamelleuse. Le zinc forme, pour ainsi dire, la limite entre les métaux cassans et les métaux malléables; sa ductilité ne peut entrer en comparaison avec celle du cuivre, du plomb ou de l'étain, et cependant il n'est pas aussi cassant que l'antimoine ou l'arsenic. A la température ordinaire, le zinc se gerce en même temps qu'il s'applatit sous le marteau; quand il a été chauffé à un degré de chaleur peu supérieur à l'ébullition de l'eau, on peut le réduire en feuilles très minces, ou même l'étirer en fils extrémément déliés. Il a peu de ténacité; un fil de 0^m002 de diamètre rompt sous un poids de 12 kilogr. environ; il est mou, et graisse la lime; il n'est point sonore; sa dilatabilité linéaire est de 1/340 pour l'intervalle thermométrique, compris entre 0° et 100°. La pesanteur spécifique du zinc varie de 6,861 à 7,191; il a une odeur et une saveur sensibles, quoique très faibles.

Le zinc fond à la température de 360° centigrades; et si on augmente la chaleur, il se volatilise; au rouge blanc on peut le distiller. Quand on le laisse refroidir lentement après qu'il a été fondu, il se cristallise en petits faisceaux de prismes quadrangulaires disposés dans tous les sens.

Exposé à l'air, le zinc se ternit promptement, mais il n'y éprouve à peine aucun autre changement. Lorsqu'on le garde

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sous l'eau, sa surface se noircit aussitôt ; l'eau est lentement décomposée ; il y a émission de gaz hydrogène et combinaison de l'oxigène avec le métal ; il ne tarde pas alors à se couvrir d'une croûte de protoxide d'un gris clair, qui préserve le métal jusqu'à un certain point d'une oxidation plus profonde. Lorsqu'on le fait fondre au contact de l'air, la surface du zinc se couvre presque immédiatement d'une pellicule grise, qui se renouvelle toutes les fois qu'on remue le bain ; quand il est très chaud, il s'embrase comme de l'huile, ses vapeurs brûlent dans l'air avec une flamme blanche des plus éclatantes ; l'oxide qui résulte de cette combustion se dépose sur les corps environnans, sous la forme de houppes cotonneuses, légères, d'un très beau blanc ; les alchimistes désignaient cet oxide sous le nom de *laine philosophique*, de *fleur de zinc*, *nihil album;* ils l'appelaient aussi *pompholix*. L'oxide de zinc est composé de :

Zinc.	0,802	100
Oxigène.	0,198	24,8

Il est représenté par Z.*n*; l'hydrate de zinc contient 0,1826 d'eau ou 2 atomes.

Le zinc est attaquable par tous les acides, même par les acides organiques les plus faibles, et par l'acide carbonique. Lorsque l'acide nitrique est concentré, il agit si vivement sur le zinc, qu'il peut y avoir inflammation. L'acide sulfurique étendu d'eau, dissout le zinc avec dégagement de gaz hydrogène, même à froid : cette propriété est mise en usage pour obtenir du gaz hydrogène.

Les *sels de zinc* sont tous incolores ; la plupart sont solubles dans l'eau, et presque tous, même les insolubles dans l'eau, pourvu qu'ils n'aient pas été calcinés, se dissolvent dans l'ammoniaque, dans le carbonate d'ammoniaque et dans les alcalis fixes. Les sels solubles sont précipités en blanc par les alcalis caustiques et l'ammoniaque, dont un excès redissout le précipité. Le prussiate de potasse précipite les sels de zinc en poudre blanche ; le précipité est insoluble dans les acides. Les hydrosulfates précipitent les sels de zinc, et les dissolutions alcalines de ce métal à l'état de sulfure parfaitement blanc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le phosphore se combine facilement avec le zinc; il suffit d'en jetter des petits morceaux dans ce métal en fusion; il se combine aussi avec l'oxide de zinc; le soufre ne peut s'unir directement avec le zinc; le meilleur moyen de préparer le sulfure est de décomposer le sulfate anhydre, en l'exposant à la chaleur dans un creuset; avec un mélange de poussière de charbon. Le zinc s'allie facilement à la plupart des métaux; mais les seuls alliages qui aient de l'intérêt pour les arts sont ceux avec le cuivre et l'étain. L'atome de zinc pèse 403,226.

Minerais de zinc. On trouve dans la nature plusieurs combinaisons oxigénées de zinc; *l'oxide terreux, l'oxide manganésifère* ou *brucite, l'alluminate* ou *gahnite*, et la *francklinite:* des combinaisons sulfurées ou seleniées, tels sont le *sulfure* ou *blende, l'oxisulfure*, le *sulfate*, et le *séleniure;* deux silicates, le *silicate anhydre* et le *silicate hydreux;* enfin deux carbonates, le *carbonate anhydre* et le *carbonate hydreux.* Le sulfure de zinc et le carbonate anhydre sont les deux seuls minéraux qui fournissent le zinc aux arts, ce qui nous engage à donner seulement la description de ces deux espèces.

Sulfure de zinc ou *blende des minéralogistes.* Cette substance est presque constamment à l'état lamelleux; son grand nombre de clivages qui mènent au dodécaèdre régulier, joints à son éclat très vif, fournissent des moyens faciles de reconnaître la blende, même à la simple vue. La forme ordinaire de ses cristaux est le tétraèdre, l'octaèdre, le dodécaèdre, et surtout le dodécaèdre transposé. Lorsque la blende est transparente, sa couleur est un jaune de soufre, mais le plus ordinairement elle est ou d'un brun-rouge ou verdâtre; elle est à la fois dure et fragile. En laissant tomber un morceau de blende, il se brise en fragments qui présentent le clivage dodécaèdre. Dans quelques localités, la blende est à l'état de concrétion, elle constitue alors des masses mamelonnées analogues au fer hématite; elle est dans ce cas presque toujours d'un brun très foncé. La pesanteur spécifique du sulfure de zinc varie de 3,77 à 4,078; au chalumeau il décrépite et il est infusible; le sulfure de zinc est composé de 0,667 de zinc, et 0,333 de soufre; presque toujours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la blende est mélangée d'une certaine quantité de sulfure de fer, souvent en outre elle renferme un peu de sulfure de cadmium.

Carbonate de zinc ou *calamine*. Cette substance est le minerai de zinc le plus commun ; il se trouve en masse compacte, à l'état cristalin, ou en stalactites. La forme primitive du carbonate de zinc est un rhomboïde sous l'angle de 107°,40′; c'est également la forme la plus habituelle de ses cristaux. Il est blanc et opalin, assez souvent coloré en ocre par le mélange d'une petite quantité de fer carbonaté. Il a l'éclat vitreux et un peu perlé ; sa cassure est unie ou imparfaitement conchoïde ; lorsque la calamine est compacte, ce qui est le cas le plus ordinaire, elle est caverneuse et imprégnée d'hydrate de fer. La pesanteur spécifique du carbonate de zinc est de 4,442 ; au chalumeau il se décompose, et donne de l'oxide qui est infusible. Au feu de réduction il donne des fumées blanches dues au zinc qui se volatilise à mesure qu'il se réduit : il est soluble dans les acides, avec effervescence. Il est composé de 25 d'acide carbonique et 65 d'oxide, mais il est presque toujours mélangé d'une petite quantité de carbonate de fer. Outre ce mélange intime, qui a lieu pour ainsi dire de molécule à molécule, le carbonate de zinc est presque toujours associé avec des silicates de zinc, lesquels étant indécomposables par les procédés de réduction employés en grand, loin d'enrichir le minerai, occasionnent au contraire une augmentation de dépense de combustible. L'expression de *calamine* s'applique spécialement à ces mélanges de minerai qui sont constants dans les gisements du carbonate de zinc. Souvent les calamines sont colorées par une assez forte proportion d'oxide de fer ; on les désigne alors sous le nom de *calamines rouges*, pour les distinguer des *calamines blanches*, qui sont exemptes de fer.

Cadmies ou *kiess*. Outre les deux minerais précédens, les seuls, ainsi que je l'ai annoncé, qui fournissent du zinc au commerce, on extrait, dans quelques localités, ce métal de dépôts qui se forment dans certains hauts-fourneaux à fer, des Pays-Bas, ainsi que dans les fourneaux à cuivre et à plomb du Hartz et de la Silésie. Le zinc, mélangé à l'état de carbonate avec le minerai de fer, ou à l'état de sulfure avec les minerais de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cuivre et de plomb, se sublime à mesure qu'il se convertit en zinc métallique. Dans les hauts-fourneaux, les vapeurs de zinc se brûlent lorsqu'elles arrivent dans la partie supérieure, et se déposent sous forme de fumée sur les parois de la cheminée, constamment refroidie par l'air ambiant et les charges qu'on y jette. Ces cadmies s'y accumulent quelquefois en si grande quantité qu'elles obstruraient promptement le geulard, si on n'avait le soin de les enlever de temps en temps. Dans les fourneaux à manche, destinés au travail du plomb, c'est dans la partie inférieure du fourneau que le zinc se rassemble; on a soin d'y placer une avance sur laquelle il se dépose.

Les *cadmies*, désignées aussi par le nom de *kiess* dans les usines du pays de Liége, sont extrêmement riches en oxide de zinc; elles en contiennent jusqu'à 96 o'o. Leur teneur habituelle est de 90; elles sont mélangées d'oxide de plomb et d'oxide de fer, ces produits sont ordinairement très compactes et fortement agglomérées : elles sont formées de couches concentriques, mamelonnées à grains cristallins, et d'un gris verdâtre; leur coloration paraît due à du protoxide de fer.

Gisemens des minerais de zinc. Le sulfure de zinc ne forme pas ordinairement des gisemens particuliers; il est presque toujours associé au sulfure de plomb. (*Voir* l'article PLOMB, GISEMENS DES MINERAIS.) La calamine se trouve dans deux circonstances assez différentes : en couches dans les terrains de transition, comme à Isserlohn; en filons dans les mêmes terrains, à Matloc dans le Derbyshire; enfin, en veinules et en amas dans les terrains secondaires, mais principalement près de la ligne de contact de ces formations avec les roches anciennes. Ce gisement est le plus habituel. En France, nous en connaissons d'assez nombreux exemples à la séparation du lias et du granite. Malheureusement jusqu'ici la calamine ne s'y est pas trouvée en quantité suffisante pour donner lieu à une exploitation utile. Les gisemens de calamine les plus importans sont dans les environs d'Aix-la-Chapelle et de Liége. Près de la première de ces villes la calamine constitue au Stolberg des amas irréguliers, situés sur les hauteurs qui bordent les deux rives de la vallée de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vicht, et déposés dans les fentes et les crevasses du terrain de transition. La calamine est disséminée en rogons dans une argile jaune; elle est mélangée de plomb et d'une assez grande quantité de fer. L'amas dit de la Veille, montagne près de Liége, est le plus fameux de tous. Il est exploité par d'immenses gradins droits, complètement pratiqués dans la masse calaminaire.

Préparation mécanique des minerais de zinc. La calamine est presque toujours associée à une assez grande proportion d'argile; on l'en sépare par une exposition à l'air prolongée, qui varie de trois mois à un an. L'argile se délite et se sépare d'elle-même de la partie métallifère. Pour hâter cette séparation, on retourne de temps en temps le tas de minerais, afin d'en exposer toutes les surfaces à l'action de l'air; on trie alors la calamine riche; on la casse en morceaux de la grosseur d'un œuf de pigeon, en ayant soin d'enlever toute la galène que le minerai peut contenir, car la présence du plomb exercerait une action très nuisible sur les creusets dans lesquels on opère la réduction du zinc. Le déchet, qui contient encore quelques parties de calamine mélangée d'argile, est soumis à un lavage grossier, dans une petite caisse traversée par un fort courant d'eau.

Traitement métallurgique. Le principe sur lequel repose l'extraction du zinc métallique de ses minerais, consiste à les amener à l'état d'oxide par une première opération que l'on appelle *grillage*. On réduit l'oxide obtenu en le mélangeant avec de la poussière de charbon, et on met à profit la propriété que le zinc possède de se volatiliser à la température du rouge blanc pour le séparer de sa ganguë par une espèce de distillation.

Nous allons donner la description de ces deux opérations successives, ainsi que des appareils dans lesquels on les exécute.

Grillage de la calamine. Cette opération n'est pas absolument nécessaire. La calamine étant un carbonate de zinc, on pourrait opérer la réduction immédiatement; mais l'expérience prouve que la calamine calcinée est non seulement plus facile à distiller, mais que son produit en zinc est un peu plus considérable,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avantages qui compensent de beaucoup les frais du grillage. Cette opération se réduit à une simple calcination. Néanmoins, le zinc étant volatil, on comprend que le mélange du minerai et du charbon amènerait inévitablemeut la perte de tout le métal, qui se réduirait par le contact du charbon. Aussi doit-on se servir, pour cet usage, soit de fourneaux à reverbère, soit de fours à cuve, dans lesquels la chauffe est entièrement séparée de l'intérieur du fourneau.

a. *Grillage dans les fourneaux à reverbère.* Ce procédé est employé à Matloc, dans le Derbyshire et à Tarnowitz en Silésie. Les fourneaux à réverbère de Tarnowitz sont rectangulaires; ils ont extérieurement 18 pieds de long sur 10 de large, et intérieurement 11 pieds sur 7. La sole est horizontale et formée de briques placées de champ. La voûte, très surbaissée, porte en son milieu (fig. 1 et 2, pl. 96) une ouverture T, par laquelle on charge le minerai dans le fourneau; deux portes P servent à brasser le minerai pendant le grillage. C'est également par ces ouvertures qu'on le retire quand l'opération est terminée. Ces deux portes sont placées sur les côtés opposés du fourneau, et presqu'aux extrémités de la sole. Le grillage est continu, c'est-à-dire qu'une charge succède immédiatement à une autre, sans qu'on laisse refroidir le fourneau. Les charges varient de 1200 à 1500 kilogrammes. Un ouvrier verse le minerai au moyen de la trémie T, tandis qu'un autre l'étend sur la sole du fourneau avec un rable; on ferme alors les portes ainsi que l'ouverture supérieure. Lorsque la calamine est rouge, on la retourne d'heure en heure, afin d'exposer de nouvelles surfaces à l'action de la chaleur, et hâter la décomposition. L'opération dure environ six heures: on reconnaît qu'elle est terminée par l'aspect que prend la calamine et la couleur de la flamme qui brûle à sa surface. La calamine se laisse alors écraser avec facilité, et devient d'un brun d'autant plus foncé qu'elle était plus chargée de fer. D'après M. Manès (1), la consommation en houille est, à Tarnowitz, de 20 kilog. 5 pour un quintal métrique de cala-

(1) Annales des Mines, 1re série, tome XII, page 249.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mine calcinée; pour obtenir cette quantité, il faut 165 kilog. de minerai brut. A Matloc, la consommation ne s'élève qu'à 18 kilog. de houille.

b. *Grillage dans des fourneaux à cuve.* Ces fourneaux sont plus généralement employés ; ce sont les seuls en usage dans la Belgique et la province de Liége, pays qui fournissent plus des deux tiers du zinc livré au commerce. Leur forme varie dans chaque usine ; mais le principe sur lequel il repose est commun, c'est l'isolement du combustible. Le dessin que nous donnons (fig. 3, 4 et 5, pl. 96) représente le fourneau employé à Iserlohn, dans le grand-duché du Bas-Rhin. Sa forme extérieure est celle d'un prisme ; la cuve est un cône renversé, dont les bases ont 5 pieds et 2 pieds et demi de diamètre, et la hauteur 6 pieds ; le fourneau est surmonté d'une cheminée mobile en tôle *c*, qui attire la flamme au centre de la masse ; la chauffe A est séparée du fourneau, elle est placée en dessous ; la flamme, avant de pénétrer dans l'intérieur du fourneau par les ouvreaux *o*,*o*, est obligée de circuler autour du massif, lequel est pour ainsi dire entouré d'une surface annulaire embrasée; par cette disposition, le minerai n'est que légèrement soumis à l'influence réductrice des gaz carbonés : cependant la réduction a lieu en partie près des ouvreaux.

La partie inférieure du cône B, qui forme la base du fourneau, est disposée en coin, afin de forcer le minerai à se porter vers les portes P et P', par lesquelles on l'enlève quand le grillage est terminé; cette disposition permettrait de rendre l'opération continue, car à mesure que la calamine serait grillée, on pourrait la retirer par les portes, tandis qu'on en chargerait de nouvelle dans le gueulard. On obtiendrait plusieurs avantages à rendre l'opération continue, d'abord une économie assez notable de charbon, mais surtout une plus grande uniformité dans le grillage, la calamine passant successivement dans toute la hauteur du fourneau.

L'opération se conduit comme la cuisson de la chaux ; on emplit le fourneau par sa partie supérieure, en ayant soin de charger

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les plus gros morceaux les premiers. La quantité de calamine que l'on jette ainsi dans le fourneau à chaque grillage varie de 4,800 kil. à 5,000. La durée de l'opération est de 12 à 16 heures ; il faut ménager avec précaution le feu, attendu que lorsque la grille est trop chargée de charbon, il entre dans le fourneau une grande quantité de gaz carboné, et il se perd du zinc ; la dépense en houille est de 18,860 liv. par 1,000 quintaux de 110 liv. chaque, ce qui établit la consommation à 17 kilogr. 14 par quintal métrique de calamine grillée, dépense un peu moindre qu'en Silésie et dans le Derbyshire.

La perte de la calamine à la calcination est d'environ 1/5 ; 100 kilogr. de calamine donne 85 kilogr. de calamine grillée ; le prix de la main-d'œuvre est de 0, fr. 07 pour cette quantité.

La calamine prend ordinairement une teinte très foncée par le grillage ; elle devient presque toujours d'un rouge brique, et perd sa cohésion ; on la réduit en poudre pour que la distillation soit plus facile ; on se sert pour cet usage de petits moulins assez analogues aux moulins à blé ; la calamine est admise entre les meules au moyen d'une trémie.

Grillage de la blende. Malgré l'avantage qu'il y aurait, dans certaines localités, à extraire le zinc métallique de la blende, cependant jusqu'à présent il n'existe qu'un très petit nombre d'établissemens dans lesquels on traite le sulfure de zinc directement ; dans les contrées où ce minerai est mis à profit, c'est seulement comme objet accessoire. Ainsi, dans les usines du Hartz, les sulfures de cuivre et les sulfures de plomb sont très mélangés de blende ; on pourrait, il est vrai, les en séparer en grande partie par le lavage ; mais comme ces minerais sont argentifères, l'enrichissement que leur procurerait un lavage plus soigné, occasionnerait souvent une perte considérable en argent ; on préfère donc y laisser une assez grande quantité de blende. Ce minerai se réduit en même temps que les autres sulfures, et se volatilise ensuite dans l'intérieur du fourneau, où l'on pratique certaines dispositions pour le recueillir. Dans l'usine d'Ocker, au Hartz, on place dans les fourneaux à manche, destinés au traitement de la galène, une plaque ou assiette de schiste *mn*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 18, pl. 96), qui s'appuie sur la poitrine du fourneau. Le niveau de cet assiette est un peu au dessous de la tuyère; la poitrine forme un avance considérable au dessus de l'assiette; de sorte que les vapeurs de zinc qui pénètrent dans cet espace s'y trouvent à l'abri du courant d'air et s'y condensent, tandis que celles qui sont au dessus de la tuyère, sont enlevées dans la partie supérieure du fourneau. L'assiette est inclinée vers le poitrail, afin que le zinc métallique réduit ne coule pas dans le fourneau; on pratique même un petit canal dans lequel le métal se rassemble, et on le recueille tous les trois jours. On peut aussi, sans interrompre le travail, enlever l'assiette sur laquelle l'oxide de zinc qui s'accumule sans cesse finirait par obstruer le fourneau.

Grillage de la blende dans des fourneaux à réverbère. En Angleterre, il existe deux usines dans lesquelles on pratique le grillage de la blende directement; elles sont situées dans les environs d'Holywell, dans le pays de Galles. Les fourneaux en usage pour cette opération ont environ 10 pieds de long sur 8 de large, ils sont très surbaissés; on place sur la sole une couche de blende d'environ quatre pouces d'épaisseur; la blende ne s'agglutine pas comme le sulfure de plomb; il est seulement nécessaire de la remuer presque constamment pour renouveler ses surfaces, et exposer successivement toutes ses parties à l'oxidation; la blende s'enflamme aussitôt qu'elle commence à s'échauffer; quand le soufre cesse de brûler, on ne voit plus qu'une fumée qui diminue peu à peu, et qui disparaît dès que le grillage est terminé; 100 kilogr. de blende donne moyennement 80 kilogr. de minerai grillé; la consommation de combustible est très faible, elle ne dépasse pas 6 kilogr. par quintal métrique de blende.

Cette opération présente quelque difficulté, quand le minerai sur lequel on opère est en poudre fine, comme les schlicks qui proviennent du lavage sur les tables dormantes ou sur les tables à secousse; on y a substitué, à l'usine de Davos, dans le canton des Grisons, un procédé particulier qui a été couronné d'un plein succès. Le grillage est séparé en deux opérations distinctes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans la première on fait une pâte de la blende en poudre, en la mélangeant d'un quart de son poids de chaux éteinte ; on moule ce mélange sous forme de briques, que l'on expose sur la sole d'un fourneau (fig. 8 et 9, pl. 96) qui a la forme générale d'une moufle ; deux chauffes *c* et *c'* placées en dessous, portent la chaleur dans l'intérieur du fourneau au moyen des nombreux ouvreaux *o,o,* etc., dont la sole est percée ; les briques sont mises de champ, à des distances convenables pour que l'air puisse circuler librement ; on dispose plusieurs couches l'une sur l'autre, en entrecroisant les briques ; on fait alors du feu dans les deux chauffes, en ayant soin de graduer la température ; au bout de six ou huit heures, on cesse de mettre du bois, et le grillage continue par la combustion du soufre contenu dans la blende. Quand l'opération est terminée, ce que l'on reconnaît à la disparition de la flamme et de la fumée, on laisse refroidir le fourneau, et on retire les briques de blende grillées ; le grillage n'est pas uniforme dans toutes les parties des briques ; pour remédier à cet inconvénient, on les écrase et on les soumet à un second grillage dans des petits fourneaux à réverbère placés aux angles du fourneau de réduction, de la même manière que les fours à cuire les pots le sont dans les verreries. Dans cette seconde opération, on remue la matière, et on y ajoute un peu de poussière de charbon pour décomposer le sulfate qui s'est formé par la combustion du soufre.

Réduction des oxides de zinc. Le grillage de la calamine et de la blende transforme ces minerais en oxide de zinc. Nous avons déja annoncé que la réduction de cet oxide, qui avait lieu par l'intermédiaire du charbon, était une veritable distillation que l'on effectuait, tantôt dans des appareils disposés de telle façon que le zinc vaporisé ou fondu s'écoulait dans des récipiens, tantôt dans des espèces de cornues communiquant avec des réservoirs ou condenseurs.

Nous allons donner un exemple de ces deux dispositions presque également en usage. Mais avant de les décrire, nous devons faire remarquer que le zinc métallique se combine facilement avec la plupart des métaux, et, par suite, qu'il faut nécessaire-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment se servir de vases de terre pour exécuter cette réduction. Il faut en outre que la terre avec laquelle on fabrique ces vases soit réfractaire ; sans cette condition on serait obligé de les renouveler trop souvent, et les dépenses augmenteraient dans une grande proportion; la fabrication de ces vases est soumise aux mêmes précautions que les pots de verrerie. Nous renvoyons à cet article le lecteur qui désire les connaître.

a. *Distillation per descensum.* Ce procédé est employé en Angleterre et en Carinthie ; les usines à zinc d'Angleterre sont situées presqne toutes aux environs de Bristol et de Birmingham. Les fours en usage pour la réduction sont rectangulaires ou ronds : ils renferment 6 ou 8 pots; les fours circulaires présentent plus de facilité pour le travail, et sont les plus généralement employés. Ils ne contiennent ordinairement que six pots (fig. 10 et 11, pl. 96.) Les pots P y sont introduits en démolissant les petits murs *a,a* ; ceux que l'on remplace pendant que le four est en activité sont chauffés préalablement dans un four particulier destiné à cet usage. Le transport et le placement de ces pots se font au moyen d'une pince montée sur deux roues en fer, représentées (fig. 12) ; les pots sont faits en argile ; ils sont percés à leur partie inférieure (fig. 13) d'un trou T, par lequel le zinc coule dans le condenseur. Pour charger ces pots on commence par boucher le trou inférieur au moyen d'une pièce de bois convenable, et dont le charbon empêche le mélange de s'écouler.

On laisse le trou du couvercle T ouvert environ deux heures après la charge, jusqu'à ce que la couleur bleue de la flamme indique un commencement de réduction. A cette époque on le ferme avec un plateau d'argile C ; on place les tuyaux de tôle *p* à la suite des condenseurs et au dessus des vases de même matière *n* destinés à recevoir le métal Quelquefois ces vases sont remplis d'eau pour empêcher le zinc qui tombe de jaillir en dehors. Le seul soin des ouvriers consiste à alimenter le feu, et à déboucher les condenseurs, qui sont quelquefois engorgés par le zinc qui s'y amasse en trop grande abondance ; ils le font en déterminant la fusion du métal au moyen d'une tige recourbée de fer rouge qu'ils introduisent par la partie inférieure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le zinc recueilli dans cette opération est sous forme de gouttes et de poudre fine, mélangées d'oxide ; on le fond de nouveau dans une chaudière en fer ; l'oxide s'écume à la surface pour être remis dans les pots, et le métal est coulé dans des lingotières.

Pour décharger les creusets à la fin de chaque opération, on retire le condenseur ; l'ouvrier brise alors, avec un ringard, le charbon qui bouche le fond du creuset, et le résidu tombe ; il achève de le vider en agitant par la partie supérieure. On fait cinq fontes en quinze jours ; leur consommation pour une tonne de zinc métallique ou 2000 kilog., est de 3 tonneaux de calamine et de 24 tonneaux de houille.

En Carinthie, on opère la réduction du zinc dans un appareil composé de quatre fourneaux contenant 160 tuyaux verticaux, fermés par leur partie supérieure et ouverts dans le bas. Le principe sur lequel il repose est le même que le fourneau de Bristol. Ce système étant très coûteux et peu employé, nous nous contentons de le mentionner.

b. *Distillation per ascensum.* Cette méthode est maintenant généralement employée dans les usines de la Silésie et de la Belgique ; à Tarnowitz, cette distillation s'opère dans des moufles de terre *f* (fig. 6 et 7, pl. 96), placées dans un four à reverbère, et qui communique avec un récipient *i* placé à l'extérieur ; on accolle ordinairement deux fourneaux l'un à l'autre, de manière que la chauffe *d* est placée au centre de l'appareil composé ordinairement de dix moufles placés symétriquement ; le mélange de charbon et de calamine grillée est placé dans les moufles ; et le zinc, à mesure qu'il se volatilise, se rend dans les récipiens aux moyens des cols *h*. La flamme et la fumée s'échappent du fourneau par des ouvertures *k* pratiquées dans la voûte et dans les parois du fourneau. C'est par leur moyen que la chaleur se porte autour de chaque moufle et les échauffe également.

Les moufles et les cols doivent être en argile réfractaire ; leur fabrication exige beaucoup de soins ; elles doivent être cuites avant d'être transportées dans le fourneau de distillation.

On introduit dans les moufles un demi-quintal de calamine calcinée que l'on a préalablement mélangée d'un volume égal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

correspondant environ à 22 livres de petit coke qui tombe sous la grille de la chauffe. Le mélange de calamine et de coke se fait dans des caisses séparées; on charge les moufles toutes les vingt-quatre heures.

Dans le commencement de l'opération, le col des moufles étant froid, il s'y condense une certaine quantité de zinc que l'on détache avec une petite tige en fer; bientôt, au contraire, la température du col s'élève, et une partie des vapeurs du zinc arrivent dans le récipient, brûlent avec une flamme verte et se convertissent en oxide. On obtient donc dans le récipient, du zinc en gouttelettes mélangé de zinc oxidé. Il reste en outre dans les moufles des résidus à demi-fondus qu'on retire avant de faire une nouvelle charge.

Dans cette opération, un quintal métrique de zinc impur exige 2 qt. ^{m}, 08 de calamine grillée, 14,22 hectolitres de houille et 0, qt. 68 de coke.

Le zinc en gouttelettes est soumis à une nouvelle opération pour être purifié et coulé en formes convenables au commerce; cette fusion s'opère dans des pots de fer de 12 pouces de diamètre, qui peuvent contenir jusqu'à 3 quintaux de métal. Ces pots sont chauffés à la manière des chaudières; on y puise le zinc avec une cuillère et on le coule sur des plaques de grès placées horizontalement; le déchet dans cette fonte est d'environ 15 pour cent; il est vrai que les crasses sont fort riches en zinc, et qu'on les repasse à la distillation avec la calamine; il en résulte que le quintal métrique de zinc impur rend environ 0,95 de zinc pur, avec une dépense de 0,175 hectolitres de houille.

A Iserlohn la distillation du zinc se fait dans un appareil composé de tuyaux horizontaux; les fig. 14, 15, 16 et 17 pl. 96, représentent le fourneau que l'on emploie dans cet établissement; il est formé d'un espace à section rectangulaire recouvert par une voûte cylindrique dont les arêtes sont parallèles aux petits côtés. La paroi antérieure est composée de briques d'une forme particulière dont les unes verticales et les autres horizontales comprennent entre elles des vides quadrangulaires *m*, *m*, *l*, dans lesquels on place les cylindres ou cornues destinés à la distil-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lation du zinc; ces cornues, au nombre de 21, reposent sur des briques *t, t, t,* en saillie sur le mur de derrière du fourneau.

La chauffe est recouverte d'une voûte circulaire percée de huit ouvertures *o*, correspondantes aux intervalles que laissent entre elles les rangées verticales de cylindres. Cette disposition a pour but d'empêcher la flamme de se porter immédiatement sur les cornues, qui se détruiraient très promptement sans cette précaution. La flamme s'échappe du fourneau par 3 ouvertures, n, n', n'', placées à la voûte supérieure; le tirage est déterminé par une cheminée de 45 pieds.

Les cylindres *ab* (fig. 16) ont 3 pieds de long sur 8 pouces de diamètre; ils sont fermés à une de leur extrémité B; à l'autre est adapté un récipient conique en fonte *c, d.*

Toutes les parties du fourneau, ainsi que les cylindres, sont construits en briques réfractaires.

La calamine grillée et pulvérisée est mélangée à peu près avec partie égale de houille menue, proportion qui correspond en poids à 2 de minerai pour une de houille; on introduit à la fois dans les 21 cylindres 320 livres de calamine, et on obtient 260 livres de zinc; les récipiens doivent être lutés avec soin; la durée de la distillation d'une charge est de 12 heures.

Les gaz inflammables de la houille se dégagent après une certaine quantité de vapeurs d'eau; puis enfin vient l'oxide de carbone accompagné de vapeurs de zinc qui se condensent dans le récipient, après la formation d'une assez grande quantité d'oxide de zinc, qui obstrue l'extrémité du récipient et empêche le zinc liquide de couler à l'extérieur.

Pendant les 12 heures que dure la distillation, on retire à six reprises le zinc qui se trouve dans les récipiens, au moyen d'une cuvette en fer, et on le recueille dans des grandes cuillères.

Le zinc obtenu est mélangé d'oxide; il est refondu, comme nous l'avons déja indiqué.

100 livres de calamine grillée donnent 40 livres de zinc, et l'on consomme 50 de houille pour le mélange et 300 pour la chauffe. En réunissant la dépense de combustible, du grillage et de la distillation, on trouve que la consommation totale est de 925 de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

houille pour 100 de zinc ; si on compare les dépenses de ce procédé et de ceux que nous avons indiqués ci-dessus, on trouvera qu'il est de beaucoup le plus économique. En effet, à Birmingham, la consommation en houille est de 24 kilogrammes pour 1 de zinc ; elle est d'environ 15 en Silésie, tandis qu'elle s'élève seulement à 9 à Iserlohn.

La durée d'une campagne, dans cette dernière usine, est de vingt semaines. Elle est entièrement déterminée par celle de la chauffe, dont la voûte se détruit peu à peu.

Les cylindres, quoique d'excellente qualité, se détériorent cependant assez promptement : ils durent moyennement trois à quatre semaines ; on s'aperçoit qu'ils sont détériorés parce que le zinc s'échappe par les fissures et communique à la flamme une vivacité qui ne lui est pas habituelle ; on retire les cylindres à mesure qu'ils sont détériorés, mais on ne les remplace que lorsqu'il en manque trois à quatre ; ces cylindres doivent être échauffés d'avance. On apporte les mêmes soins dans cette opération que pour le changement des pots *f*, ou des cornues dans les usines de Tarnowitz ou de Birmingham.

Laminage du zinc. Il est impossible de forger le zinc, et lorsqu'il est fondu il cristallise et devient cassant ; c'est donc presque toujours à l'état de feuilles que ce métal est employé : cette opération présente beaucoup de difficulté, parce que le zinc n'est malléable qu'à la température de 130° à 150° ; aussi les fabricants de zinc font-ils tous un secret de leur procédé, et les usines de cette nature sont des asiles sacrés dans lesquels on ne pénètre presque jamais.

Avant de laminer le zinc, on le fond et on le moule en plaques ; la fusion s'opère dans des chaudières de fonte ; mais l'affinité du zinc pour le fer est telle qu'il se forme promptement un alliage, qui apporte beaucoup de difficulté au laminage ; en effet, cet alliage étant très dur, s'il en reste quelques grains dans les feuilles, ils s'en séparent en passant sous le laminoir, et laissent un trou qui les met hors de service.

Les plaques, après avoir été coulées, sont dégrossies sous le laminoir ; on les réchauffe de temps en temps dans un four à ré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verbère; lorsqu'elles sont parvenues à la température convenable (130° à 150°), elles sont laminées de nouveau; enfin, quand les feuilles sont déja amincies, on les assortit plusieurs ensemble, et on finit le travail en passant sous le laminoir six ou huit feuilles réunies. Les feuilles de zinc sont ensuite recuites et ébarbées; les ébarbures sont ajoutées à une nouvelle fonte.

Pour que le zinc conserve toujours la température convenable au laminage, on a soin de maintenir les cylindres à une chaleur de 100°.

Essais et analyse des minerais de zinc et des produits qui résultent du traitement de ce métal. Les essais des minerais de zinc carbonaté et des cadmies de fourneaux se font de la même manière. On peut doser le zinc, soit en l'obtenant directement, soit par différence. La première méthode est une simple distillation; on mêle les substances qui contiennent le zinc avec de la poussière de charbon, et, après avoir placé le mélange dans une cornue, on le chauffe à la chaleur blanche. Les oxides et les carbonates de zinc sont bientôt réduits; le zinc se volatilise et se condense dans le col de la cornue. Cette méthode, en apparence si simple, offre cependant de grandes difficultés dans l'exécution. Le zinc, répandu le long du col de la cornue, y adhère fortement et est très difficile à receuillir; en outre, une certaine portion de zinc s'oxide par l'air qui entre dans la cornue, et qu'il est de toute nécessité de laisser ouverte. La proportion de zinc qui s'oxide est d'autant plus grande qu'on opère sur de plus petites masses, et elle est toujours très grande sur les essais ordinaires qui se font sur 10 à 30 grammes de matière. On est alors obligé de dissoudre dans l'acide nitrique le zinc qu'on ne peut pas détacher de la cornue, ainsi que l'oxide formé; on décompose le nitrate de zinc par la chaleur, et on pèse l'oxide de zinc qui en résulte. Ce procédé est difficile à exécuter, et surtout fort long. Il est bien préférable de doser le zinc par différence, en prenant le poids de toutes les substances avec lesquelles il est mélangé.

L'opération peut se faire à une température moyenne, ou à la température des essais de fer. Dans le premier cas, il est à craindre que tout le zinc ne soit pas volatilisé, tandis que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seconde méthode ne présente pas cet inconvénient. C'est la seule que nous indiquerons. Quel que soit le procédé que l'on emploie, il faut commencer par expulser ou par doser toutes les substances volatiles que la matière à essayer peut contenir. S'il y a de l'eau ou de l'acide carbonique, on les dose par simple calcination; s'il y a mélange de charbon, comme cela se rencontre dans plusieurs produits d'arts, il faut s'en débarrasser par le grillage.

Les essais de zinc, à une haute température, se font exactement de la même manière que les essais de fer (1). « On chauffe « la matière dans un creuset brasqué, avec addition de substan- « ces fixes, propres à faire fondre les ganguës mêlées à l'oxide « de zinc, si ces ganguës ne sont pas fusibles par elles-mêmes. « On pèse le culot, qui se compose d'une scorie vitreuse et de « grenailles de fer; on recueille ces grenailles, on en prend le « poids, et l'on a par différence celui de la scorie; on ajoute au « poids de la fonte le poids de l'oxigène que le fer a dû perdre « dans l'opération; et, en retranchant du poids de la matière « le poids du culot total et de l'oxigène ainsi calculé, on a la pro- « portion d'oxide de zinc réduit dans l'essai. D'un autre côté, en « retranchant du poids de la scorie le poids du flux ajouté, on a « la proportion des substances terreuses et des oxides irréducti- « bles qui étaient mélangés à l'oxide de zinc. » Pour rendre ce que nous venons de dire plus clair, nous allons indiquer un exemple. Supposons que le minerai de zinc à essayer soit un minerai de fer contenant de l'oxide de zinc, et que 10 grammes de minerai cru correspondent à 8 grammes 33 de minerai grillé; on ajoutera à ce minerai, comme fondans, 1 gramme d'argile calciné et 0 gram. 40 de chaux; la matière soumise à l'essai sera de 9 gram. 73. Suposons maintenant qu'on obtienne un culot de fonte pesant 4 gram. 53, et 1 gram. 60 de scorie : si on ajoute à ces produits 1 gram. 94 pour l'oxigène correspondant aux 4 gram. 53 de fonte, on trouve que le minerai essayé contenait 8 gram. 07 d'oxide de fer, de ganguë et de fondans, et, par suite, que la

(1) Traité des Essais par la voie sèche, par M. Berthier, tome II, page 597. Chez Thomine, libraire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

différence 1 gram. 66 entre la matière soumise à l'essai et les produits qu'il a donnés, représente l'oxide de zinc volatilisé.

Pour essayer le sulfure de zinc, et en général les matières zincifères sulfurées, il faut les griller et les traiter ensuite comme les matières oxidées. On exécute le grillage en plaçant le minerai en poudre sur un têt, et le remuant constamment avec une petite tige en fer. Il faut chauffer d'abord légèrement, pour qu'il n'y ait pas agglomération dans le cas où la matière serait mélangée d'une certaine quantité de sulfure de fer : à la fin de l'opération on donne un coup de feu pour décomposer le peu de sulfate qui aurait pu se former.

L'analyse de la blende se fait en la dissolvant dans de l'acide nitrique étendu, qui en sépare le soufre, la ganguë siliceuse, etc. On fait sécher ce résidu, on le pèse, puis on fait brûler le soufre. On prend alors de nouveau le poids de ce résidu, et la différence donne le soufre qui était en suspension ; presque toujours une certaine quantité est passée à l'état de sulfate. On précipite la dissolution du minerai dans l'acide nitrique au moyen de la soude, et on fait redissoudre dans l'acide hydrochlorique le précipité obtenu. S'il se trouve du cuivre dans la liqueur, on l'en sépare en plongeant une lame de fer, et on en précipite ensuite le fer en y ajoutant de l'ammoniaque en excès. On ajoute un peu de nitrate de plomb ; l'acide sulfurique, qui s'est formé dans l'attaque, se précipite à l'état de sulfate; on se débarrasse du plomb en excès au moyen d'un courant d'acide hydrosulfurique ; enfin, pour séparer le zinc, qui reste seul en dissolution, on évapore à siccité; on dissout le résidu dans de l'acide hydrochlorique, et on précipite l'oxide métallique au moyen de la soude.

Pour analyser la calamine, on la fait digérer dans une quantité déterminée d'acide nitrique faible; la perte en poids que le mélange a éprouvé représente la quantité d'acide carbonique contenu dans la mine. Si on n'a pas eu soin de tenir note de cette circonstance, on ne pourra connaître la proportion d'acide carbonique que par la perte de l'analyse; il serait plus exact de recueillir l'acide carbonique en le faisant passer dans de l'eau de chaux ou de l'eau de baryte. La partie non atta-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quée par l'acide nitrique est alors reprise par de l'acide hydrochlorique bouillant ; on sépare de la liqueur, et on lave avec de l'eau bouillante la portion qui n'a pas été dissoute, et qui est composée de silice. On fait alors évaporer à siccité la dissolution nitrique qui contient le zinc, et presque toujours du fer et de l'alumine. On fait redissoudre le résidu, en y ajoutant de l'ammoniaque en excès pour en précipiter complètement le fer et l'alumine, qui restent insolubles, et que l'on peut ensuite séparer l'un de l'autre au moyen de la potasse. Le zinc, qui reste en dissolution, peut être séparé en ajoutant de l'acide à la liqueur, ou en la faisant évaporer à siccité ; enfin, la dissolution hydro chlorique contient ordinairement du fer et de l'alumine; on sépare le fer au moyen de la potasse caustique, qui le précipite, et on obtient l'alumine en versant de l'ammoniaque dans la liqueur; le fer, précipité par la potasse, est toujours allié avec une certaine quantité de cet alcali; il est nécessaire de le redissoudre dans l'acide hydrochlorique et de le précipiter de nouveau par l'ammoniaque. D.

L'addition au mot VIDANGEUR, qui devait paraître à la fin de ce volume, est, faute de place, renvoyée au premier volume du Supplément.

L'ordre alphabétique adopté par les auteurs du Dictionnaire technologique, pour la publication de leurs travaux, n'ayant pas été rigoureusement suivi, plusieurs articles ayant été déplacés ou renvoyés, d'autres entièrement oubliés ou mis à la suite de volumes auxquels ils n'appartiennent point, nous avons pensé qu'il conviendrait à messieurs les souscripteurs de trouver à la fin du tome XXII une table par ordre alphabétique de toutes les matières contenues dans ce volumineux ouvrage. Cette table, indiquant le tome et la page où chaque article se trouve traité, rendra les recherches promptes et faciles ; les Planches, divisées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en deux Atlas, sont précédées de titres et d'une nomenclature indiquant les numéros de chaque Planche et le nombre appartenant à chaque art. En la consultant, le lecteur ne doit rencontrer aucune difficulté à trouver la Planche dont il a besoin, et le relieur aucun embarras sur la manière de les placer en les réunissant en Atlas.

Les auteurs, bien décidés à ne point publier une nouvelle édition du Grand Dictionnaire technologique, mais à le maintenir constamment au niveau de la science, prennent l'engagement de publier des Supplémens dans lesquels ils consigneront les nouvelles découvertes et tous les progrès que les sciences et les arts feront tant en France qu'à l'étranger, avec leur application à toutes les branches de l'industrie. Déja beaucoup de matériaux sont réunis pour le premier volume supplémentaire, dont la prochaine publication sera annoncée, par l'éditeur, aux possesseurs du Dictionnaire. Les personnes qui désireraient souscrire à ce supplément peuvent dès à présent se faire inscrire chez M. THOMINE, libraire, rue de la Harpe, n. 88, à Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

TOME I.

A.

Avis préliminaire. Page v
Discours préliminaire. vii
Abattoir. 1
Abeilles, mouches à miel (agriculture). 5
Accacia (faux) ou robinier. 17
Acajou, mahogani. ib.
Acajou à pommes, *cassuvium*. 19
Accordeur de forte-piano, de guitare, d'orgue, etc. ib.
Acétates. 25
Acétate d'alumine. 26
—— d'ammoniaque. 27
—— de chaux. 28
—— de cuivre. 29
—— de fer. 33
—— de mercure. 35
—— de plomb. 36
—— de potasse. 42
—— de soude. 45
Achromatique. *V.* Lunettes.
Acides. ib.
Acide acétique. 49
—— pyroligneux. 61
—— borique. 71

TOME I.

Acide carbonique. 74
—— citrique. 78
—— fluorique. 85
—— hydrochlorique. 88
—— hydrochloro-nitrique. 96
—— hydrocianique. 98
—— hydrosulfurique. 102
—— muriatique. *V.* Hydrochlorique.
—— nitrique. 108
—— oxalique. 115
—— prussique. *V.* Acide hydrocianique.
—— sulfureux. 121
—— sulfurique. 125
—— tartarique. 135
—— vitriolique. *Voyez* Acide sulfurique.
Acier. 140
Acoustique. *V.* Cornets, Luthiers, Facteurs d'instrumens de musique.
Adhérence ou adhésion. 166
Ados. 169
Aérer. *V.* Assainissement.
Aérostat. 169
Affiler. 184
Affinage. 185
Affûts. *V.* Artillerie.
Agate. 192
Aiguilles. ib.
Aiguille aimantée. 214

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME I.

Aiguiserie. 215
Aile. *V.* Bierre.
Aimant. 218
Air. *V.* Atmosphère.
Airain. *V.* Bronze.
Ajusteur. 233
Ajutage, ajoutoir. ib.
Alambic. 237
Albâtre. 249
Albumine. 250
Alcali. 252
Alcalimètre. 255
Alcarraza. 264
Alcool. 265
Alènier. 287
Algèbre. 291
Algues. *V.* Varecs.
Alidade. 324
Alisier. ib.
Alkermès. ib.
Allésoir. 325
Allésure. 330
Alliages. ib.
Alliages (règle dite d'). *V.* Arithmétique.
Alluchons. 341
Allumettier. 346
Allumettes oxigénées. 349
Alluvion. 350
Alphabet, Chiffres et Poinçons. 351
Alternatif. 355
Alternation. ib.
Alumine. ib.
Alun. 359
Allunage. 389
Amadou. 390
Amalgamation. 391
Ambotrace. 398
Ambre gris. 403
Ambre jaune. *V.* succin.
Aménagement des bois. *V.* Forestier.
Amendement. 404

TOME I.

Ameublir. 405
Amidon. ib.
Ammoniaque. 409
Amorce. *V.* Appats.
Ampoulette. 426
Analyse. 427
Anamorphose. 428
Anches. 433
Anchois. 439
Ancre de vaisseau. 440
Andouilles. 451
Androide. ib.
Anémomètre, Anèmoscope. 452
Angles. 454
Anille. 461
Anneaux. 463
Annuité. ib.
Anse. 466
Anthracite. 467
Antimoine. 468

TOME II.

Apocyn. 1
Apothicaire. *V.* Pharmacien. 2
Appareils. 18
Appareilleur. 19
Appâts. 22
Appeaux. 26
Apprêteur, Apprêts. 45
Aquarelle. 46
Aquéduc. 50
Arabesques. 51
Araire. ib.
Arbalestrille. 54
Arbalète. ib.
Arbalètrier. 55
Arbitrage. ib.
Arbre. 58
Arbre de Saturne. 59
Arc. 61
Arc-boutant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME II.

Arc-de-cloître. 61
Arc-doubleau. ib.
Arc-droit. ib.
Arc-de-triomphe. ib.
Arc-en-ciel, Iris. 62
Arc-rampant. ib.
Arcade. ib.
Arceau, Arche. 63
Archet. ib.
Archet. 65
Architecture. 67
Architrave. *V.* Architecture.
Archivolte. *V.* Arcade.
Archures. 75
Arçon, Arçonneur. ib.
Arcier. 82
Ardillon. 83
Ardoises. ib.
Aréomètre. 105
Argent. 127
Argenteur. 145
Argile. 155
Argue. 166
Arithmétique. 169
Arithmétique (Machines). 184
Armatures. 187
Armes blanches. ib.
Armillaire. 205
Armure. 207
Armurier. 208
Aromates. 210
Arôme. 211
Aronde. 212
Arpailleur ou Orpailleur. ib.
Arpent. ib.
Arpenteur. 214
Arquebusier. 221
Arrière-voussure. 233
Arrimer. 234
Arrondir les dentelures (machines à). 235
Arrosement. 236
Arseniates. 238

TOME II.

Arseniate de potasse. 239
Arsenic. 240
Artificier. 242
Artillerie. 262
Asbeste. *V.* Amiante.
Asphalte. 263
Asphyxie. 265
Assainissement. 277
Assemblage. 314
Assolement. ib.
Assurance. 331
Astragale. 342
Astrolabe. 343
Atmosphère. 344
Attelle. 364
Attique. 365
Aubes. ib.
Aubier. ib.
Auge. 368
Aune. 369
Autoclave. ib.
Automate. 375
Autruche. 378
Aval. 379
Avant-train. ib.
Avelanède. ib.
Aventurine. 380
Aviceptologie. 382
Aviron. 390
Avoine. 392
Axe. 394
Axonge. 395
Azote. 397
Azur. 399

B.

Babeurre. 404
Bac. ib.
Bache. 410
Id. 412
Badiane de la Chine. 413
Badigeonneur. ib.
Bagasse. 419
Baguette. 424

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME II.

Bahutier. 428
Baignoire. ib.
Bain. 433
Baïonnette. *Voyez* Armes blanches.
Balai. 460
Balais-rubis. *V.* Lapidaire.
Balance ou Bilan. 463
Balance. 464
Balance du commerce. 476
Balancier. 479
Balancier hydraulique. 490
Balcon. 493
Baleine. 494
Balèvres. 500
Balise. 501
Baliste. ib.
Baliveau. 502
Balle de commerce. ib.
Balles d'imprimerie. 503
Balles à jouer. 506
Balles de plomb. *V.* Plombier.
Ballon. *V.* Aérostat.
Ballon de verre. *V.* Verrerie.
Ballons à jouer. 506
Ballons de baudruche. 510
Balustrade. 511
Balustre. 512
Bambou. ib.
Banc à tirer. 515
Bandagiste. 517
Banque publique. 525
Banqueroute. 528
Banquier. 529
Baratte. 531
Barille. *V.* Soude.
Barillet. 534
Baromètre. ib.
Barrique. *V.* Tonneau.
Baryte. 562
Bas. 568
Bascule. ib.

TOME II.

Basin. *V.* Tisserand.
Basse. *V.* Violon.
Bassin. 568
Basson. 571
Batardeau. 574
Bateau. ib.
Bateaux à vapeur. 585
Bâtiment. 586
Batiste. *V.* Tisserand.
Battage. 587
Batterie. 593
Batterie électrique. ib.
Batteur d'or, d'argent, de cuivre. 594
Battoir. 603
Baudruche. *V.* Boyaudier.
Bauge. 603
Baume. 605
Baume de Copahu. ib.
—— de la Mecque. 606
—— du Pérou. ib.
—— de Tolu. ib.

TOME III.

Bec-d'âne. 1
Bec de canne. ib.
Bec de corbin. ib.
Bêche. 2
Bélier hydraulique. 3
Belvéder. 13
Ben. ib.
Benjoin. ib.
Berceau. 15
Bergamotte. ib.
Berger. ib.
Béril. 18
Berline. ib.
Berret. 19
Besaiguë. ib.
Besicles. ib.
Bestiaux, Bétail. ib.
Béton. 29
Bette commune. 31

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME III.

Betterave. 31
Beurre. 51
Beurre de cacao. 58
Beurre d'antimoine. *V.* Chlorure d'antimoine.
Beurre d'arsenic. *V.* Chlorure d'arsenic.
—— d'étain. *V.* Chlorure d'étain.
Bielle. 61
Bière (fabrication). ib.
Bigorne. 108
Bijoutier. ib.
Bilboquet. 112
Billard. 113
Billes. *V.* Tourneur.
Billet. 121
Billon. 124
Bimbelotier. ib.
Binage. 126
Biscuit. 127
Biseau. 128
Biseur. ib.
Bismuth. ib.
Bistre. 131
Bitume. ib.
Blanc de céruse. *V.* Céruse.
—— d'Espagne. *V.* Craie.
—— de plomb. *V.* Céruse.
Blanc de baleine. 138
Blanchiment. ib.
Blanchiment de la pâte du papier. 184
—— des boutons. 186
—— des épingles. 187
—— du fer et de la fonte. ib.
Blanchir. 188
Blanchissage (art du). ib.
Blanquette. 200
Blé. 201
Blende. *V.* Zinc.

TOME III.

Bleu (κυανος). *V.* Couleurs.
—— anglais. *V.* Azur et indigo.
—— (boule de). *V.* Indigo et Azur.
—— de cobalt. 201
—— de montagne, cendres bleues cuivrées, azur de cuivre. 203
—— de Prusse. 211
—— d'indigo. *V.* Indigo et Azur.
—— de tournesol. *V.* Tournesol.
—— d'outre-mer. 225
—— Raymond. 231
Bleuir l'acier. 232
Blocage. 235
Blochet. ib.
Blonde. *V.* Dentelle.
Blondier. 235
Bluteau. ib.
Bobèche. 238
Bobine. 239
Bocal. ib.
Bocard. 240
Bois. Forêts. 242
—— (Arts chimiques.) 248
—— de constructions. 250
—— de travail. 264
—— à brûler. 277
—— de cerf. 279
—— de fusil. 281
Boisseau. 282
Boisselier. 284
Boisson, *potus*. 290
Boites de montres. 300
—— de pendules. ib.
—— de plomb pour le thé, le tabac. 302
—— de roue de voiture. 303
—— à tournevis. 305

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME III.

Bombe. 306
Bonbon. *V.* Confiseur. 311
Bonde. ib.
Bondon. 312
Bonnetier. ib.
Borax. ib.
Bossage. 322
Bottier. 323
Boucage anis. ib.
Boucaut. 327
Boucharde. ib.
Boucher. *V.* Abattoir.
Bouches à feu (art militaire.) 328
Bouchon d'horlogerie. 352
Bouchon. ib.
Bouchonnier. 353
Boucles. (fabricant de) 354
Boudin. 357
Boue. 359
Bouée. 360
Bouge. 361
Bougies simples et médicamenteuses, bougies de Daran. ib.
Bougran. 369
Bouilleur. ib.
Bouillon. ib.
Boulanger. 370
Boules de Mars ou boules de Nancy. 383
Boulets de canon. 385
Boulins. 389
Boulon. ib.
Bouracan. 390
Bourdaine. ib.
Bourdon. ib.
Bourre. 391
Bourrelier. ib.
Boursier. 403
Boussole. 406
Boutarque. 426
Boute. ib.
Bouteilles. *V.* Verrier.

TOME III.

Bouterolle. 426
Boutique. 427
Boutoir. ib.
Boutonnier. 428
Bouvet. 432
Boyaudier. ib.
Bracelet. 456
Brai gras. ib.
—— sec. ib.
Braie. ib.
Braise. 457
Brandir. ib.
Branboir. ib.
Braser. ib.
Brassard. *V.* Ballon.
Brasserie. *V.* Bière.
Brassin. *V.* Bière.
Bretelle. 458
Brettés. 461
Brevet (Technologie). ib.
—— d'invention, de perfectionnement, d'importation. ib.
Bricolle. 476
Bridier. *V.* Sellier.
Brie, Brier. 476
Brimbale. 477
Briquet. ib.
Briquetier-tuilier-carrelier. 486
Briquettes. 498
Broc. 500
Brocard, brocatelle. ib.
Broche. 501
Brocheur. ib.
Brodeur. 504
Bronze. 507
Bronzer. 572
Bronzes. 573
Brossier. ib.
Brou de noix. 575
Brouette. 576
Broye, braye, brayoire. 577
Broyeur. 578

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME III.

Brucelles. 580
Brûlerie. ib.
Brunisseur. 583
Brunissoir. *V.* Brunisseur.
Buanderie. *V.* Blanchissage.
Bûcheron. *V.* Bois.
Buffeterie. 588
Buis. *V.* Bois.
Bure. *V.* Tisserand.
Bureau. ib.
Burin. 589
Busc. 590
But-en-blanc. ib.
Byssus. ib.

TOME IV.

C.

Cabestan. 1
Câble. 5
Cabotage. 16
Cabre. ib.
Cabriolet. ib.
Cacao. ib.
Cache-entrée. 18
Cachemires. 20
Cachet. 24
Cachou. ib.
Cadastre. 25
Cadenas. 26
Cadrans de montres, d'horloges. 30
—— solaires. 37
Cadrature. 49
Cadraturier. 50
Cadre. ib.
Café. ib.
Cafetières. 61
Cage. 64
Cagnard. 65
Caisse. 66
Calamine. *V.* Zinc.
Calandrage, calandreur. 66
Calcul. 70
Cale. 72
Calèche. 74
Caléfacteur. ib.
Calendrier. 79
Calfatage. 85
Calibre. ib.
Calicot. 86
Calmande. 88
Calorifères. ib.
Calorimètre. 89
Calorique. ib.
Calattier. ib.
Calquer (art de) 91
Calvanier. 94
Camaïeu. 96
Camées. 97
Cameline. 100
Camelot. ib.
Cames. ib.
Camion. 107
Campêche (bois de). ib.
Camphre. 108
Canal de navigation. 115
—— d'irrigation. 127
—— d'usine. ib.
Canard. *V.* Volaille.
Candi (sucre). ib.
Canepin. 128
Canettes, canons, espolins. ib.
Canevas. ib.
Canif. ib.
Cauiveaux. 129
Canne à sucre. ib.
Canne de Provence. 137
Cannelle. 138
Cannelle, robinet. 141
Cannelure. 143
Cannelures (Architecture). 146
Cannes. 147
Cannetille. 149
Canon. 151
Canons. *V.* Bouches à feu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME IV.

Canot. 151
Cantharides. 152
Cantre. 154
Caoutchouc. ib.
Capacité pour le calorique. *V.* Calorique.
Capillaire (sirop de). 157
Capillaire (action). ib.
Capillaires (tubes). 163
Capital (Commerce). ib.
Capitales. ib.
Câpres. ib.
Caque. 164
Carabine. ib.
Caractères d'imprimerie. 165
Carbonates. 170
—— Sous-Carbonates. 171
Carbone. 188
Carbonisation. 190
Carbures. 192
Carcaise. ib.
Cardeur. ib.
Cardier. 204
Carène. *V.* Navire.
Carèner. 212
Cargaison. ib,
Cargues. ib.
Carié. ib.
Carillon. ib.
Cariole. 214
Carlingue. ib.
Carmin. ib.
Carmine. 220
Caronades. 221
Caroubier. ib.
Carreau, Échiquier. 222
Carreau. ib.
Carreaux (Art du dessin). 224
Carrelet. 225
Carrelettes. 226
Carreleur. ib.
Carret. *V.* Cordes.
Carrier, Carrières. 227

TOME IV.

Carrosse. 230
Carrossier. ib.
Cartalue. ib.
Carte. ib.
Cartel. ib.
Carteron. 231
Cartes de géographie. ib.
Carthame. ib.
Cartier. 233
Carton. 239
Cartonnage. ib.
Cartonnier (art du). 244
Cartouche. 252
Caryatides. 253
Cascade. ib.
Casimir. ib.
Casque. ib.
Cassave. 254
Casse ou Case. 256
Casse des rubaniers. 257
Casse-noix et Casse-noisette. 258
Casserole. 259
Cassetin. ib.
Cassette. ib.
Cassis. ib.
Castine. ib.
Castor. 260
Castoreum. ib.
Catir une étoffe. 262
Cave. 263
Cavesson. 265
Caviard. ib.
Cazelles. ib.
Cédrat. 266
Ceintes, Préceintes. ib.
Ceinturier, Ceinturonnier. ib.
Cémentation. 270
Cendres bleues. *V.* Bleu.
Cendres d'orfèvre. 270
Cendres gravelées. ib.
Cendrier. 274
Cendrures. ib.
Centre. ib.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME IV.

Cérat. 275
Cerceau. 276
Cerceaux. ib.
Cercle. 277
Cercle de réflection. *V.* Sextant.
Cercle répétiteur. ib.
Céréales. 286
Cerf-volant. ib.
Céroplastique. 287
Cerveau d'une cloche. ib.
Cervelat. ib.
Céruse. 288
Cession. 312
Chable. 313
Chableau. ib.
Chableur. ib.
Chagrin. ib.
Chagrinier. ib.
Chaîne. 315
Chaîne d'arpenteur. ib.
Chaînes. 317
Chaînette. 323
Chair. ib.
Chaire. 324
Chaise de poste. ib.
Chaises. 325
Chaleur ou Calorique. 326
Chaloupe. 378
Chalumeau. ib.
Chambranle. 385
Chambre claire. ib.
Chambre noire. 388
Chambrière. 392
Chamoiseur. ib.
Champignons. 397
Champ-lever. 398
Chancir. ib.
Chancre. ib.
Chandelier. ib.
Chandelles. 401
Chanfrein, Biseau. 415
Chanfreindre. 416
Change, Changeur, ib.

TOME IV.

Chanlatte. 424
Chanteau. ib.
Chantepleure. ib.
Chanterelle. 425
Chantier. 426
Chantignole. ib.
Chantournement. ib.
Chantourner. ib.
Chanvre. 427
Chape. 431
Chapeau. 432
Chapeaux de paille, de bois, de sparterie. 433
Chapeaux d'osier. 437
Chapeaux de soie. 439
Chapeaux feutrés. 441
Chapelet. 457
Chapelet hydraulique. ib.
Chaperon. 459
Chapiteau. 460
Chaput. ib.

TOME V.

Char. 1
Char à bancs. ib.
Charançon. 2
Charbon. 3
Charbon animal. ib.
Charbon de bois. 13
Charbon de terre. *V.* Houille.
—— épuré. *V.* Coke.
—— de tourbe. *V.* Tourbe.
Charbon minéral. 29
—— végétal. 32
Charcutier. 33
Chardon. 37
Charger. 39
Chariots. 40
Charme. 52
Charnière. 53
Charpentier. 54
Charrée. 56

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Charrette. 56
Charrier. 58
Charron. 59
Charrue. 71
Chas. 70
Chasse et Châsse. 71
Chasse (Art de la). 73
Châssis. 80
Châssis de couche. 81
Chassoir. 82
Châtaignier. ib.
Château d'Eau. 84
Chatière. 85
Chaton. 86
Chaud. ib.
Chaudière. 87
Chaudron. 91
Chaudronnier. ib.
Chauffage. 97
Chauffrette. 109
Chaufournier. *V.* Chaux.
Chaulage. 111
Chaume. 112
Chaumière. 113
Chausse. 114
Chaussée. 115
Chausse-pied. ib.
Chaussette. 116
Chausson. ib.
Chaussure. 117
Chaux. ib.
Chemin, Voie, Route. 138
Cheminées. 148
Cheval. 160
Chêne. ib.
Chenet. 165
Chenille, écheuillage. ib.
Chenille. 168
Cheptel. ib.
Cherche-fiche. 169
Cheval. ib.
Cheval (Mécanique). 178
Chevalement. 183
Chevalet (Lutherie). 184
Chevalet (Technologie.) 186
Chevêtre. 188
Cheveux. 189
Cheville. 191
Chevilles (Lutherie.) 193
Chevillette. 196
Chèvre. ib.
Chèvre (Mécanique). ib.
Chevrons. 200
Chien. 201
Chiffonniers, chiffons. ib.
Chiffres. 202
Chignolle. ib.
Chimie. ib.
Chimoine. 205
Chinure ou Chinage. ib.
Chipage, chiper. 206
Chiqueter. 208
Chlorates. ib.
Chlore. 215
Chlorures. 224
Chlorure d'antimoine. 225
—— d'argent. 229
—— d'étain. 231
—— de mercure. 235
—— d'or. 241
Choc. 242
Chocolat. 243
Chocolatière. 250
Chogramme. ib.
Chopine. 252
Choque. ib.
Chou. ib.
Chou-croûte. 253
Chromates. 255
Chromate de fer. 256
—— de mercure. 257
—— de plomb. 258
—— de potasse. 259
Chrome. 263
Chronomètre. ib.
Chrysocalque. *V.* Laiton.
Chrysocolle: *V.* Borax.
Chute. 265

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME V.

Chute (Technologie). 271
Cidre. 272
Cierge, ciergier. 284
Cigare. ib.
Ciment. ib.
Ciment romain. 286
Cinabre. 287
Cintre. 295
Cirage pour les chaussures. 296
Cirage. 300
Circonférence. 302
Cire. ib.
Cire à cacheter. 312
Cire à sceller. 318
Cirier. 319
Cisaille. 325
Ciseau. 327
Ciseleur. 328
Citerne. 330
Citrates. 333
Citron. ib.
Citronnier. 334
Civette. ib.
Claie. 335
Clairon. *V.* Clarinette.
Clapet. 336
Claques. 337
Clarification. ib.
Clarinette. 339
Claveau. 346
Clavecin. 347
Clavette. ib.
Clavier. 348
Clayonnage. 350
Clef. 352
Clepsydre. 357
Clichage. 361
Clinquant. 363
Cliquet. 366
Clivage. ib.
Cloaque. 368
Cloche. ib.
Cloche de plongeur. 371
Cloison. 375

TOME V.

Clouère. 376
Clouet. ib.
Clous. ib.
Coagulation. 384
Cobalt. 385
Cocagne. 390
Coche. ib.
Cochenille, coccus. ib.
Coco. 393
Cocotier. 395
Coffre. 396
Cognoir. 397
Cohésion. ib.
Cohobation. 400
Coin. ib.
Coin des monnaies. 401
Coing. 402
Coke. 403
Colback. ib.
Colle à bouche. 404
Colle de pâte. ib.
Colle de poisson. 405
Colle-forte. 408
Collet. 422
Colleur. 428
Collier. ib.
Colombier. 424
Colophane. ib
Coloquinte. 427
Colsa. ib.
Comble. 429
Combustible. 433
Combustion. 437
Comestibles. *V.* Substances alimentaires.
Commandite. 441
Commerçant, Commerce. ib.
Commettage. 443
Commettant, Commis. 444
Compas. 445
Compensateurs, Compensations. 455
Compositeur. 465
Composition des forces. ib.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME V.

Compression. 467
Comptable. 468
Compte-fils. 469
Compte-pas. ib.
Compteur. 473
Comptoir. 485
Concentration. 486
Condensateur. 487
Condensation. 488
Conduite. 490
Cône. 496
Confiseur. 497
Congelation. 509
Conservation. ib.
Conservatoire. 515
Contre-basse. *V.* Violoncelle.
Contre-espalier. 521
Contre-forts. ib.
Contre-poids. 522
Contrôle. 523

TOME VI.

Copal. 1
Copeau. 2
Copier. (Presses et autres instrumens à copier.) 3
Copiste. 7
Coq. 8
Coquemar. 9
Coquille. ib.
Cor, Cor-de-chasse. 11
Corail. 16
Corbeille. 19
Cordages (fabrication des). ib.
Corde (Technologie). 43
Corde (Arts des calculs). 44
Cordes (Arts mécaniques). 57
Cordes filées. 66
Cordes du clavi-harpe. 67
Cordeau. 68
Cordeline. 69
Corderie. ib.
Cordon. ib.

TOME VI.

Cordon des monnaies. 70
Cordonnet. 72
Cordonnier. ib.
Cormier. 82
Cornaline. 83
Corne, Cornetier. ib.
Cornemuse. 90
Cornet. 92
Cornet (Arts physiques). 93
Cornet acoustique. 94
Corniche. 95
Cornichons. ib.
Cornouiller. 96
Cornue. ib.
Corporation. 99
Correcteur. ib.
Corroyeur. 101
Corset. 108
Cosmétique. ib.
Costumier. 109
Costumomètre. 110
Cotignac. ib.
Coton, cotonnier. ib.
Cotonnade. 123
Cotret. ib.
Couche. ib.
Couleurs. 124
Coulisse. 132
Coupe. 134
Coupe des bois. 134
Coupellation. 135
Coupelles. 145
Coupe-racines. 147
Couperet. 148
Couperose. 149
Coupoir. 154
Coupon. 156
Couronné. ib.
Coursier de moulin. ib.
Courtage, Courtier. 157
Courte-pointe. 158
Cousoir. ib.
Coussinets. 162
Couteau. 163

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME VI.

Couteau de balance. 165
Coutelier, Coutellerie. 166
Coutil. 178
Coutre. ib.
Couturière. 179
Couverture. 180
Couverturier. 181
Couvre-pied. 185
Couvre-plat. 187
Couvreur. ib.
Coyaux. 195
Craie. ib.
Crampon. 197
Crapaudine. ib.
Craquette. 199
Cravache. ib.
Cravate. 200
Crayons. 201
Crèche. 216
Crédit. ib.
Crémaillère. 217
Crême. 221
Crêmier. 222
Crêpe, Crépon. ib.
Crépir. 223
Cretonnier. ib.
Creusets. 224
Criblier. 234
Cric. 236
Cric-à-vis. 237
Crin, Crinier. 238
Cristal. 241
Cristallisation. 264
Cristaux (taille des). 274
Crochet. 277
Croisées. 279
Croupière. 280
Cubature. ib.
Cucurbite. 281
Cuines. 282
Cuir à rasoirs. ib.
Cuir de Bohême. *V.* Hongroyeur.
Cuir de Russie. 284

TOME VI.

Cuirasse. 292
Cuisine. ib.
Cuisinière. 298
Cuite. ib.
Cuivre. 299
Cuivre (cylindres de). 333
Cuivrot. 334
Culée. ib.
Cultellation. 335
Cultivateur. 336
Cultivateur, Houe. 336
Curage. 338
Curcuma. 341
Cuve. 342
Cuves pneumatiques. ib.
Cuvier. 345
Cyanogène. 346
Cyanures. 348
Cycloïde. 351
Cylindre. 354
Cylindre noté. 355
Cymbale. 360

D.

Dague. 361
Daine. ib.
Dalle. ib.
Damas. 362
Damas (étoffe). 368
Damasquineur. 369
Dame. 370
Dame-jeanne. 371
Dames. ib.
Damier. *V.* Échiqnier.
Danaïde. ib.
Dard. 372
Dattier. 373
Davier. 375
Dé. ib.
Débardeurs. 378
Débiter. 380
Déboiradour. ib.
Débardoir. 381

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME VI.

Débouchés. 381
Débouillissage. 384
Décantation. 385
Décaper. 386
Décatisseur. 387
Décharge. ib.
Déchireur de bateaux. ib.
Décoction. 388
Décognoir. 389
Décolorimètre. (T. VIII, p. 532.)
Décorateur. 390
Découpeur, Découpure. ib.
Découverte. 392
Décrépitation. ib.
Décrotteur. ib.
Décuire. 393
Défécation. ib.
Défets 395
Déflagration. ib.
Défrichement. 396
Dégauchissage. 397
Dégommage. ib.
Dégorgeoir. ib.
Dégorger. 398
Dégraisseur. ib.
Dégras. 409
Dégrossir. ib.
Déméloir. ib.
Demoiselle. ib.
Densité. 410
Dent. 412
Dentelle. ib.
Dentier. 423
Dentifrice. 424
Dentiste. 425
Dents des roues. 432
Dents de scie. 440
Dentures (finisseur de). 441
Dépense. 458
Dépilation, Dépilatoire. 460
Dépiquage. 462
Dépolissage. 463
Dépression. ib.

TOME VI.

Dérivoir. 464
Dérocher. ib.
Dérompoir. ib.
Dérouiller. ib.
Désinfection. 465
Désoxidation. 472
Desséchement. ib.
Dételage. 475
Détente. 476
Détrempe. ib.
Détremper. 477
Détrichage. ib.
Détritoir. ib.
Développante. 479
Dévideur, Dévidage. ib.

TOME VII.

Diable. 1
Diables cartésiens. 2
Diagomètre. ib.
Diamant. 5
Diamant (Technologie). 9
Diamètre. 13
Diapason. 15
Diaphragme. 16
Digesteur. 17
Digue. 19
Dilatation. 20
Diligence. 29
Distillateur ou Bouilleur. 30
Distillation. 33
Diviser (machines à). 39
Division du travail dans les manufactures. 42
Divisibilité de la matière. V. Ductilité. 53
Docimasie. 60
Dodinage. 72
Doigt. 73
Doloire. 74
Dôme. 75
Domino. 76
Dorage ou Dorure. 77
Doreur. 86

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME VII.

Dossière. 162
Doublage des navires. ib.
Doublé. 176
Doublon. ib.
Doublure. ib.
Douille. 177
Douvain. 178
Drageoir. 179
Dragons. ib.
Drague. ib.
Draperie. 183
Drèche. 204
Dresser. ib.
Dressoir. 206
Drille. ib.
Droguiste. 207
Droits (Commerce). 211
Ductilité. 226
Duite. 228
Dynamie. 228
Dynamique. ib.
Dynamomètre. ib.

E.

Eau (Arts physiques et mécaniques). 238
Eau. (Arts chimiques). 255
Eau de Cologne. 276
Eau-de-vie. 279
Eau-forte de Callot. 284
Eau-forte. *V.* Acide nitrique.
Eau rigale. *V.* Acide hydrochloro-nitrique.
Eau seconde. 286
Eaux distillées. ib.
Eaux minérales. 290
Ebarber. 325
Ebarboir. 326
Ebauche. ib.
Ebène. 327
Ebéniste. 328
Ebourgeonnement. 334

TOME VII.

Ebullition. 336
Écacheur. 344
Ecaille. 345
Ecarlate. 351
Ecarrisseur. 358
Ecarrissoir. 368
Ecatoir. 369
Echafaud. ib.
Echalas. 370
Echappement. 371
Echardonnoir. 384
Echarpe. 385
Echaudoir. 386
Echelle. ib.
Echelle géométrique. 388
Echenillage, Echeniller. 395
Echenilloir. 396
Echeveau. 397
Echiquier. 398
Echoppe. 399.
Eclairage au gaz. 400
Eclairage. (Supplément.) 405

Ecluses. 444
Ecobuer. 453
Ecoles d'arts et métiers. 455
Ecope. 463
Ecoperche. ib.
Ecorce. 465
Ecouane. 466
Ecoulement des eaux. 467
Ecran. 477
Ecraser (Machines à). 478
Ecrénage, Ecrénoir. 482
Ecritoire, Encrier. ib.
Ecrivain, Maître d'écritures. 485
Ecrou. 489
Ecrouer. 490
Ecumoire. ib.
Ecurage. 491
Ecurie. ib.
Ecusson, Ecussonnoir. 493
Edredon. 495

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME VII.

Effervescence. 496
Effeuillaison. ib.
Efflanquer. 497
Efflorescence. ib.
Egalissage, Egaler. 498
Egout. 500
Echappoir. ib.
Egrisée, Egriser, Egrisoir. 501
Elaguer, Elagage. 502
Elaïne. 503
Elasticité. 504
Electricité. 508
Elémens. 526
Eliugnes. 527
Ellipse. 528

TOME VIII.

Email. 1
Emailleur. 13
Emballeur. 23
Embase. 25
Embattage. ib.
Embattoir. 26
Embauchoir. 27
Embaumement. ib.
Embichetage. 38
Embouchure. ib.
Emboutisseur. ib.
Embrèvement. 39
Emeraude. ib.
Emeri. 42
Emétique. 45
Empaillement. 49
Empannons. ib.
Empesage, Empois. 50
Emplâtre. ib.
Empointeur. 55
Empoisonnement. ib.
Emporte-pièce. 83
Empyreume. ib.
Enarbrer. 84
Encaquer. 85
Encaustique. 86
Encaveur. 87
Encens. 88
Enchevêtrure. 90
Encliquetage. ib.
Enclume. 94
Enclumeau. 96
Encolleur. ib.
Encorbellement. 102
Encouragement. ib.
Encre. 104
Encrier. 117
Enduit. 118
Engallage. ib.
Engrais. ib.
Engrenage. 134
Enlumineur. 136
Enrayure. ib.
Enseignement mutuel. 137
Entablement. 141
Entrepôt. 142
Entrepreneurs. ib.
Entresol. 143
Entrevoux. ib.
Envergure. ib.
Eolipyle. 144
Epautre. 146
Epée. ib.
Eperon. 147
Epi. 151
Epicier. 152
Epicycloïde. 154
Epinceteuse. 160
Epine. 161
Epinette. 162
Epingles. 163
Episser. 173
Epitoir. 175
Epizootie. ib.
Epluchage. 176
Eponge. 177
Eprouvette. 179
Eprouvette à poudre. ib.
Epuisemens. 183
Epuration, Épurer. 186

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME VIII.

Epure. 186
Equation d'horloge, — du temps. 189
Equerre. 211
Equilibre. 218
Equipage. ib.
Equipeur-monteur. 519
Equivalens chimiques. 220
Erables. 240
Ergot. 241
Escalier. 242
Escarbilles. 244
Escompte. 246
Escourgeon. 247
Espadeur. ib.
Espagnolette. 258
Espalier. 250
Espart. ib.
Essai. ib.
Essayeur. 257
Essence. 260
Essence d'Orient. ib.
Essence vestimentale. 261
Essieu. 262
Estampe. 264
Estampille. 265
Esturgeon. ib.
Etables. 266
Etabli. 267
Etain. 268
Etalons, Étalonneur. 286
Etamage. 287
Etambot. 289
Etambraie. ib.
Etampe. ib.
Etampoir. 290
Etançon. 291
Etaux. 292
Etau. 300
Eteignoir. 302
Ether. ib.
Etirage. 317
Etoffe. ib.
Etoile. ib.

TOME VIII.

Etoquiau. 318
Etouffoir. ib.
Etoupes. 319
Etoupille. ib.
Etrésillon. 320
Etrier. 321
Etrille. 323
Etui. 325
Etuve. 326
Eudiométrie. 333
Event. 351
Eventailliste. 352
Evier. 356
Excentriques. ib.
Excitateur. 358
Exploitation. ib.
Extirpateur. 359
Extrait, Extractif. 361

F.

Fabrique. 364
Fac-simile. 382
Facteur. ib.
Facture. 384
Fagots. ib.
Faine. 385
Faisant. Faisanderie. 387
Falot. 390
Fanage, Faner. 391
Fanaux. 393
Fanon. *V.* Baleine.
Fantasmagorie. 403
Fantoccini. ib.
Fard. 404
Fardeaux. 410
Fardier. 422
Farine. 423
Fascines, Fascinage. 432
Faucheur. 433
Faucille. 434
Faucon, Fauconnier. ib.
Faudeur. 436

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME VIII.

Fausse monnaie. *V.* Monnaie.
Fausse plaque. 436
Fausset. ib.
Fauteuil. 437
Faux. ib.
Fécule. 445
Feldspath. 446
Fonderie. ib.
Fondoir. 448
Fendre, Refendre. 448
Fenêtre. 450
Fenouil. 453
Fer. 454
Fer (Technologie). 474
Fer de varlope, de rabot. 478
Ferblanc. 480
Ferblantier. 494
Ferlet. 497
Ferme, Fermier. ib.
Ferment. 499
Fermentation. 500
Fermoirs. 511
Fernambouc (bois de). 512
Feux chinois. 516
Feuillette. 523
Feuilles. 524
Feutrage. 525
Fève. 531
Fève de saint Ignace. ib.

TOME IX.

Ficelle. *V.* Corderie.
Fichoir. 1
Fiel de bœuf. ib.
Fifre. *V.* Flûte.
Figue, Figuier. 6
Fil, Filage, Filateur, Filature. 10
Filagramme. 71
Filasse. ib.
Filet. 72
Filières. 77
Filigrane. 84
Filoche. 85
Filon. ib.
Filoselle. 92
Filtration, Filtre. 95
Filtre-presse. 102
Financier. 106
Finisseur. ib.
Flacons. 108
Flageolet. 114
Flamme. 119
Flan. 120
Flanelle. ib.
Fléau. 121
Flèche. 123
Flèche de clocher. 125
Fleur, Fleuriste. 126
Fleuret. 127
Fleuriste artificiel. 128
Fleurs. 137
Flint-glass. 139
Flotres ou Feutres. ib.
Flottage. 140
Flotteur. 141
Fluates. 144
Fluides. 154
Flûte traversière. 166
Flûteur automate. 170
Flux (Arts chimiques). 172
Foin, Fourage. 176
Foire. 179
Foncoir. 180
Fondant. ib.
Fondations, Fondements. 185
Fondeur. ib.
Fondeur en caractères. 189
Fonds. 192
Fontaine (Physique). ib.
Fontaine dépuratoire. 195
Fontainier. 202
Fonte ou Fer cru. 203
Fonte moulée. 208
Fontainier soudeur. 230

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME IX.

Forage, Forerie des canons. 256
Force. 263
Forces. 307
Forestier, Forêts (Agriculture). 311
Forêts. 317
Forgeron. 319
Forges. ib.
Formaire. (T. XV, p. 508.)
Forme. 325
Formes à sucre. 327
Forte-piano, Piano, Forté. 331
Fossés. 344
Fosses d'aisance. 345
Fosset. 351
Fossoyeur. ib.
Fouasse, Fougasse. ib.
Fouets (fabricant de). 352
Fougères. 356
Foulage. 357
Foulon, Foulonnier. 361
Four. 364
Fourbisseur. 368
Fourche. 370
Fourchette. ib.
Fourgon. ib.
Fournier. 371
Fourreur. ib.
Fours, Fourneaux. ib.
Foyer de cheminée. 413
Fraise. ib.
Frégate. 414
Frein. 415
Frein (Mécanique). 416
Frêne. 421
Fresque (peinture à). 422
Frette. 423
Friche. ib.
Fripier. ib.
Frise. 426
Frisquette. 428
Froid artificiel. 429
Fromage. 436

TOME IX.

Froment. 460
Fronde. 465
Fronton. 467
Frottement. 468
Frotteur. 485
Fumier. 492
Fumigation. 493
Fumiste. ib.
Fumivore. ib.
Furet. 494
Fusain. 495
Fuseau. ib.
Fusée. ib.
Fusées de guerre. 511
Fusibilité, Fusion. 512
Fusils, armes à feu. 515
Fustet. 528
Futaine. 529

TOME X.

G.

Gabare. 1
Gabari. ib.
Gabion. 2
Gâche. ib.
Gâchette. 3
Gâcheur. 4
Gadouard. 5
Gadoue. 9
Gaïac. ib.
Gaillards. 10
Gainier. ib.
Gaignier, bois de Judée. 13
Galactomètre. 14
Galaubans. 15
Galbe. ib.
Galé. 16
Galée. ib.
Galerie. 17
Galerie. ib.
Galet. 18
Galette. 19
Galiotte. 20

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME X.

Galipot. 21
Gallates. ib.
Galle (noix de). 22
Gallique (acide). 23
Galoche. 25
Galon, Galonnier. 26
Galoubet. 28
Galuchat. 29
Galvanisme. 30
Gambier. 36
Ganguë. ib.
Ganse. 37
Gantier. 36
Garance. 44
Garantie. 66
Garantie (bureau de). 67
Garcette. 77
Garde-chaîne. 78
Garde-chasse. 83
Garde-feu. 84
Garde-fou. 85
Garde-manger. ib.
Garde-robe mobile et inodore. 86
Gardes d'un peigne. 89
Gare. 90
Garenne. 91
Gargouille. 92
Gargousse. 93
Gasquets. 96
Gaude. 101
Gaudronneur, Gaudronnoir. 103
Gaufre, Gaufrier. 105
Gaufreur. 106
Gaz, fluides élastiques. 107
Gaz-light. 115
Gaze, Gazier. 117
Gazette. 120
Gazomètre. 121
Gazon. 124
Gélatine. 126
Gelée (Physique). 153
Gelée. 155

TOME X.

Gemme. 162
Genêt. 163
Genièvre. 165
Genou. 166
Gentiane. 169
Géométrie. 171
Gerbe. 172
Germoir. 173
Gestation. 174
Gibecière. ib.
Giberne. 175
Gingembre. 176
Ginseng. 177
Girande, Girandole. ib.
Girofle. 178
Girouette. 181
Glace. 182
Glace (travail mécanique des). 206
Glace, Glacières. 219
Glacier-limonadier. 223
Glacis. 233
Globes. 234
Glu. 240
Gluaux. 242
Gluten. 243
Glyptique. 244
Gneiss. 248
Gnomen. ib.
Gnomonique. 249
Gobletterie. 252
Gobetis. 253
Goelette. ib.
Gomme. 254
Gommes résines. 265
Gond. 269
Gondole. 273
Goniomètre. 275
Gouache ou Gouasse. 289
Goudron. ib.
Gouge. 300
Goujon. 301
Goulotte. ib.
Goupille. ib.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME X.

Gourmette. 301
Gousset. ib.
Gouttière. 302
Gouvernail. ib.
Graduation des instrumens. 305
Grain d'orge. 314
Graine, Grains. ib.
Graisses. 318
Grange. 327
Granite. 328
Graphomètre. 330
Grappin. 334
Grattoir. ib.
Gravatier. 335
Graveur, Gravure. 336
Gravité. *V.* Chute, Pesanteur.
Greffe. 352
Grêle, Grêler. 356
Grelins. ib.
Grelot. ib.
Grenadier. ib.
Grenier. 357
Grenoir. 359
Grès. ib.
Griffe. 361
Grillage des tissus de coton. 362
Grillage des mines. 368
Grilles. 370
Groseiller. ib.
Gruau. 371
Grue. 375
Guéridon. 383
Guérite. 384
Guêtre. ib.
Guillaume. 385
Guillochis. ib.
Guimauve. 386
Guimbarde. ib.
Guitare. 387
Gutte. 391
Gymnasiarque. 392

TOME X.

Gypse. 393

H.

Habillage. 398
Habitation. 399
Hache. ib.
Hache-paille. 400
Hachereau. 405
Hachette. 406
Haie. 407
Halage. 409
Haler. 410
Halle. ib.
Hallebarde. 411
Hamac. 412
Hameçon. 413
Hangar. 414
Hanneton. ib.
Happe. 415
Haquet. 416
Haras. 418
Hareng. 420
Haricot. 425
Harmonica. 427
Harnacheur, Harnais. 431
Harpe. 432
Harpon. 441
Harponneur. ib.
Haubans. 442
Hausse. ib.
Hautbois. 444
Haute-lisse, Haute-lisseur. 449
Havre-sac. 453
Hec. ib.
Hectare. 454
Hélice. ib.
Héliomètre. ib.
Hélioscope. 457
Héliostat. 458
Herbier. 460
Herboriste. 463

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME X.

Hérisson. 465
Hermine. 466
Herminette. 467
Hersage. ib.
Herses. 469
Hêtre. 470
Heurtoir. 472
Hippocras. 473
Hongroyeur. 474
Hôpital. 479
Horloger. 480
Horloges. 482
Houblon (Supplément, T. II, pag. 465). 485
Houes. 498
Houille. 500
Houlette. 526
Housse. 527
Houx. 528
Hoyau. ib.

TOME XI.

Huiles. 1
Huiles fixes. 2
—— fixes fluides. 8
—— fixes siccatives. 23
—— fixes concrètes. 27
—— volatiles. 29
—— volatiles fluides. 40
—— volatiles concrètes. 45
—— animales. 47
—— préparées. 49
—— pyrogénées. 50
Huissier. 52
Huîtres. 53
Hune, Huniers. 54
Hydracides. 55
Hydrates. ib.
Hydraulique. 56
Hydrocérames. 57
Hydrochlorates. ib.
Hydrogène. 59
Hydrogène carboné. 65
Hydrologe. 77

TOME XI.

Hydrome. 78
Hydromètre. 79
Hydroscope. 80
Hydrosulfate. ib.
Hygrométrie. 81

I.

Icthyocolle. 94
Iconostrophe. 97
Idio-électrique. 98
Igname. 99
Imperméable. ib.
Importations. 100
Impôt, Impositions. ib.
Impression des toiles et des étoffes en général. 101
Impression des étoffes de soie. 125
Impression sur crin. 140
—— sur poterie. 142
Imprimerie. *V.* Typographie. 142
Imprimures. 144
Incendie. 156
Incrustations. 157
Incubation. 160
Incubation artificielle. 170
Index.
Indiennes. *V.* Impression des toiles. 171
Indigo. 221
Inertie. 222
Ingénieur. 223
Injection. ib.
Inquartation. 224
Instituteur. 225
Instrument de chirurgie. 292
Intendant. 293
Intérêt. 296
Intermittence. ib.
Inventorier. 304
Iodates.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XI.

Iode. 305
Ipécacuanha. 312
Iridium. 315
Iris de Florence. 318
Irrigations, Arrosemens. 319
Italique. 325
Ivoire. 326

J.

Jable, Jabler. 328
Jachère. 329
Jacquart (métier à la) 330
Jade. 335
Jaïet ou Jais. 336
Jalap. 339
Jalons. 342
Jalousies. 343
Jambage. 349
Jambe de bois. ib.
Jambe de force. 353
Jambes. 354
Jambette. ib.
Jante. ib.
Jardin, Jardinier. 355
Jardinière. 357
Jaspe. ib.
Jaspure. 358
Jauge, Jaugeage. 361
Jaune de Naples, Jaune minéral. 381
Javeleur. 386
Javelle. ib.
Javotte. 387
Jet d'eau. ib.
Jetée. 388
Jeton. 389
Jeu. 390
Jeux. 391
Joaillier. 395
Joint-brisé universel. ib.
Jonc. 397
Jongleurs. 398

TOME XI.

Joug. 399
Jujubier. 400
Jurandes. ib.
Jusée. 401
Justifier. 402
Justifieur. 403

K.

Kali. 405
Kaolin. ib.
Karabé. 406
Karat. 407
Kermès. ib.
Kilo. 418
Kino. 419
Kirschwasser. 420

L.

Labeur. 423
Laboratoire. ib.
Laboratoire. 444
Labourage, Laboureur. 447
Labyrinthe. 454
Lacets. 454
Lacs. 463
Lactates. 464

TOME XII.

Lainage. 4
Laines. ib.
Lait. 18
Laiterie. Laitières. 30
Laitier. 36
Laiton ou Cuivre jaune. 37
Lambourde. 52
Lambris. 53
Lances des lisses. ib.
Laminage des métaux. 54
Laminoirs. 63

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XII.

Lampes. 65
Lampiste. 91
Lance. 105
Lancette. 107
Landau. 108
Landes. ib.
Langouste. 110
Languette. ib.
Lanterne (Technologie). 112
Lanterne. 115
Lanterne magique. 116
Lapidaire. 124
Laque. 133
Laque français. 149
Lardoire. 151
Lardon. 152
Largue. 153
Larmes bataviques. ib.
Larron. 154
Lattes carrées. 155
Laudanum. 156
Laurier. 157
Lavabo. 159
Lavage. 161
Lavage des mines. 163
Lavande. 166
Laves. 167
Laveur de cendres. 170
Lavoirs à laines. 179
Layetier. 187
Layette. 192
Lèche-frite. 193
Légers. 194
Lentille. 197
Lentille d'optique. 199
Lessive. 214
Lest. 222
Lettre de change. ib.
—— de crédit. 223
—— de voiture. ib.
Levain. 224
Levée. 225
Leveur. 227
Levier. 229

TOME XII.

Levure. 241
Libraire, Librairie. 245
Lichen. 256
Liége. 261
Liens. 263
Lieux d'aisance. 264
Lièvre. 274
Ligne pour la pêche. 275
Limaces, Limaçons. 280
Limaille. 281
Limes (fabrication des). 282
Limeur. 298
Limon. ib.
Limonadier. ib.
Lin. 303
Lingère, Lingerie. 307
Lingotière. 313
Linon. 314
Liquoriste. 315
Liseur. 324
Lisses. 327
Lisseur, Lissoir. 328
Litharge. 331
Lithographie. 333
Litière. 365
Lits mécaniques (Chirurgie). 366
id. id. (Technologie). 369
Livres (Commerce). 374
Loch. 387
Longueur. 360
Looch. 395
Loquet. 396
Louchet. 397
Loup, Louvetier. ib.
Loupe. 399
Loutre. 403
Lucarne. 404
Lumachelle. 405
Lunette longue vue. 406
Lustre, Lustrier. 440
Lustreur. 441
Lut. 444

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XII.

Luthier. 446
Luzerne. 447
Lyre. 449

M.

Macaroni. 450
Macarons. 451
Macération. 452
Mâchefer. ib.
Machines. 454
Machiniste. 503
Maçon. 506
Maçonnerie. 507
Macque. 510
Maculature, Maculer. ib.
Madrepore. 512
Madriers. 513
Magie, Magicien. 514
Magma. 516
Magnanier. ib.
Magnésie. 518
Magnésite. 525

TOME XIII.

Mahaleb, ou Bois de Ste-Lucie. 1
Mail. 2
Maillet. ib.
Mailloche. 3
Main. ib.
Main-d'œuvre. 9
Maïs, Blé de Turquie. ib.
Maître à danser. 12
Maîtrise. 13
Malachite. ib.
Malates. 15
Malaxer. 16
Malique. 17
Malletier. 19
Mamelon artificiel. 21
Manche, 26
Manchon. 28
Mandoline, Mandore. 29
Mandrins. 30
Manége. 32
Manganèse. 37
Manicle. 51
Manicordiane. 52
Manioc. ib.
Manipulation. 54
Manivelle. 54
Manne. 56
Mannequin. 59
Manomètre. 61
Mansarde. 63
Mantonnet. 64
Manutention. 65
Maquignon. ib.
Maraicher. 66
Marais. 67
Marais salans. 68
Marbre, Marbrier. 71
Marbreur. 91
Marchand, Marchandises. 97
Marché. 98
Marcotte. 100
Maréchal. 102
Margarates. 114
Margarique (Acide). 115
Marionnettes. 119
Marlin. 120
Marly (Machine de). 121
Marne. 122
Maroquin. 124
Marque du linge. 139
Marqueterie, Marqueteur. 141
Marron, Marronnier. 151
Marte, Martre. 152
Marteau. 154
Masques. 157
Massepains. 168
Massicot. 169
Mastic. 171

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XIII.

Mât de cocagne. 189
Matelas, Matelassier. ib.
Mateur, Matoir. 193
Matrice. 195
Mâts. 196
Matteau. 198
Mécanicien, Mécanique. 199
Mèche. 201
Mégisserie, Mégissier. 208
Mélasse. 214
Mélèze. 216
Melon. 218
Membrure. 220
Mémoires. 221
Menuisier. 223
Mercerie, Mercier. 241
Mercure. 242
Méridienne. 264
Meringues. ib.
Mérisier. 266
Merlan. ib.
Messageries. 268
Mesures françaises. 271
Mesures étrangères. 285
Métairie. 298
Métallurgie. ib.
Méteil. 330
Météréologie. ib.
Métier. 350
Métiers (Mécaniques). 351
Metteur en œuvre. 362
Meule, Gerbier. 367
Meules. 369
Meulière. 371
Meunier. 372
Mica. 376
Micoulier. 380
Micromètre. 381
Microscope. 386
Miel. 405
Mil, Millet. 413
Milieu. ib.
Mine. 414
Minerai. ib.

TOME XIII.

Minéralogie. 413
Mines (exploitation des). 432
Mineur. 473
Miniature. 480
Minium. 483
Minuterie. 487
Mire. 488
Miroir, Miroitier. 491
Miroirs optiques, Miroirs ardens. 498
Mitaines. 512
Mitres de cheminées. ib.

TOME XIV.

Mobile, Mobilité. 1
Modèles, Modeleurs. ib.
Modiste. 5
Modules. 6
Moelle. 7
Moilon, Moellon. ib.
Moire métallique. 8
Moire, étoffes moirées. 13
Moises. 17
Moisson, Moissonneur. 18
Molette. 20
Molybdène. 25
Moment. 27
Monnaies. 28
Monnoyage. 59
Monopole. 68
Montagnes russes. 69
Monteur de boites. ib.
Montre. 72
(Addition, T. XVIII, p. 481) 100
Moquette. 101
Moraillon. ib.
Mordache. 102
Mordant. 118
Mors. 121
Mortaise. ib.
Mortier. 147
Morue (pêche de la). 152
Mosaïque. 160
Moscouade.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XIV.

Moteur. 160
Mouche. ib.
Moufle. 164
Moule. 167
Mouleur. 169
Moulinage des soies, Moulinier. 172
Moulins. 186
Moulures. 228
Mousse. 230
Mousseline. ib.
Moutarde. 231
Moutardier. 232
Mouton. 236
Mouture. 239
Mouvement. 241
Moyen. 257
Mucilage. 259
Muid. 260
Mulet. 261
Mur, Muraille. 262
Mûrier. 267
Musc. 269
Muscade. 272
Musée. 274
Musette. 275
Musettes. 279
Musique. 281
Mutage, Muter. 288
Myope. 289
Myrrhe. 290

N.

Nacarat. 291
Nacelle. 292
Nacre de perles. ib.
Nacre (ouvrage en). 293
Nankin. 295
Naphte. 301
Nappe. 303
Nappe d'eau. ib.
Nasse. 305

TOME XIV.

Natation. 306
Natron. 311
Natte, Nattier. 315
Navet. 321
Navette. 323
Nécessaires (fabricant de). 325
Néflier. 327
Néroli. 328
Nerprun. 329
Nervoir. ib.
Nettoyage du blé. 330
Nickel. 332
Nitrates. 335
Nitrate d'argent. 337
—— de baryte. 344
—— de bismuth. 337
—— de cuivre. 349
—— d'étain. 350
—— de mercure. 351
—— de plomb. 354
—— de potasse. 355
—— de strontiane. 381
Niveau, Nivellement. ib.
Nœuds. 400
Noirs. 401
Noisetier, Coudrier. 412
Nombre de dents des roues. 413
Nopale. 442
Notaires. 443
Notation. ib.
Noria. 444
Noue. 447
Nougat. 448
Nourrice. ib.
Nourrisseur. 450
Noyau. 451
Noyer. 452
Noyure. 455
Numérotage des fiacres. ib.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XIV.

O.

Obélisque. 456
Objectif. ib.
Obturateur. 457
Obus. ib.
Obusier. 458
Ocres ou Ochres. 459
Oculaire. 463
OEil artificiel. 464
OEilleton. 467
OEnologie. ib.
OEufs. ib.
Officine. 475
Oie. 477
Oignon. 478
Oiseleur, Oiselier. 479
Oléates. 480
Oléique. 481
Oléo-saccharum. 482
Olivier. 483
Onde, Ondulation. 485
Onglet. 486
Opiat. 487
Opium. 488
Opticien. 504
Optique. ib.

TOME XV.

Or (Arts chimiques). 1
Oranger, Orange. 12
Orangerie. 14
Organette (racine d') 15
Ordon. 16
Oreiller. ib.
Orfèvre. 17
Organiste. 23
Organsin. 24
Orge. ib.
Orgeat. 25
Orgue. ib.
Oripeau. 33
Orme. 37
Orpiment. 38
Orseille. 41
Orthopédie. 52
Ortie. 62
Os. 63
Oscillation. 67
Osier. ib.
Ouate. ib.
Oublie, Oublieur. 75
Ourdisseur, Ourdissage. ib.
Ours. 82
Outremer. ib.
Outres. 87
Ouvreur. 92
Oxalates. 94
Oxicrat. 100
Oxides. 101
Oxigénation. 115
Oxigène. ib.
Oximel. 124

P.

Pacage. 124
Packfond ou Argenton. 126
Padou. 129
Paillasse. ib.
Paillasson. 130
Paille. 131
Paille (ouvrages en). 132
Paillettes. 155
Pain. 156
Paisson. 160
Palan. 161
Palastre. ib.
Palatine. ib.
Palette. 162
Palissade. 164
Palissage. 165
Palixandre. 166
Palladium. ib.
Palmier. 172

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XV.

Pan. 173
Panacée. ib.
Panache. 174
Panne. 176
Panneau. 177
Pantalon. 179
Pantographe. 180
Pantoufle, Pantouflier. 193
Papeterie, papier. 194
Papiers (différentes sortes de). 255
Papiers peints. 262
Parachute. 284
Parallactique. 286
Parrallèles. 291
Parallèlogramme. 293
Parapluie, Parasol. 295
Paratonnerre. 299
Paravent. 302
Parc. 304
Parchemin, Parchemi-nier. 305
Paréira-brava. 313
Parelle. ib.
Parement. 320
Parfumeur. 325
Paroir. 347
Parois. 348
Parpain. ib.
Parquet. 349
Passavant. ib.
Passementier. 350
Passerilles. 354
Pastel, Peinture. 356
Pastels. 358
Pastillages. 367
Pastilles. 370
Patenotrier. 376
Patente. 379
Pâtes moulées. 380
Patin, Patineur. 385
Pâtissier. 388
Patte. 393
Paumier-Raquetier. 395

TOME XV.

Paveur. 400
Pavot 403
Peaussier. 404
Pêche (art de la). 405
Pêcher. 412
Pectique (acide). 414
Peignage. 417
Peigne. 421
Peignier. 423
Peintre en bâtimens. 427
Peintre vernisseur. 449
Peinture (Arts chimiques). 453
——— sur verre (1). 463
——— sur émail. 470
——— sur faïence. 476
——— sur métaux. 483
——— sur porcelaine. 486

TOME XVI.

Pelletier-fourreur. 1
Peloteuse mécanique. 7
Peluche. *V.* Panne.
Pendule (Arts physiques). 9
Pendule, Pendulier (Arts mécaniques). 26
Pêne. 57
Pépiniériste. ib.
Périer (machine à). 58
Perche. 62
Perle. ib.
Perles artificielles. 63
Perpendiculaire. 64
Perruquier. 66
Persiennes. 72
Perspective. 74
Pesanteur. 87
Peson. 90
Petit-gris. 92
Petit-lait. 93
Pétrin, Pétrissoir. 95
Pétrole. 99

(1) Addition à cet article, T. XVI, p. 493.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pétun-zé. 100
Peuplier. 101
Phantasmagorie. *V.* Lanterne magique.
Phare. *V.* Fanal.
Phosphates. 103
Phosphate de chaux. 106
——— de soude. 109
——— d'ammoniaque. 110
Phosphites. 111
Phosphore. 112
Phosphures. 133
Physionotrace. 137
Piastre. 147
Picotin. ib.
Pied. ib.
Piédestal. 152
Pierre. ib.
Pierre-ponce. 154
Pierre à fusil. 156
Pierres précieuses. 160
Pierres précieuses artificielles. 177
Pieux, Pilotis, Pilots. ib.
Pigeon. 180
Pignon. 181
Pile galvanique. 184
Pilier. 195
Pilon. 196
Pilote. ib.
Pilotis, pilots. ib.
Pilules. 198
Pin. 199
Pince. 201
Pinceaux (fabricants de). ib.
Pincettes. 204
Pinçotteuses. 205
Pinnule. 206
Pintade. ib.
Pipe. 207
Pipette. 211
Piquette. 213
Pisai, Pisé. 215
Pistachier. 220
Pistolet. 220
Piston. 222
Piton. ib.
Pivot. ib.
Placage. 223
Plain. ib.
Plancher. 224
Planchette. 228
Planétaire. 234
Planeurs. 238
Plans. 239
Plan incliné. 243
Plant, Plantation. 247
Plaque, Plaqueur. 249
Platine. 258
Platine. 272
Plâtre. ib.
Plâtre-ciment. 284
Plâtrier. 286
Plomb. 289
Plomb granulé, Plomb de chasse. 313
Plombier-fontainier. 324
Plongeur. 326
Plot. ib.
Pluie. 327
Plumassier. 331
Plumes. 332
Plumes à écrire. 340
Poêlier. 341
Poids spécifique. 350
Poil (coupeur de). 354
Pointes de Paris. 355
Poirier. 361
Pois. 365
Poivre. 366
Poix. 367
Polisseur. 368
Polyèdre. 369
Polytechnique. 370
Polytypage. 371
Pommade. 382
Pommes de terre. 401
Pommier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XVI.

Pompes (1). 420
Ponce. 441
Ponton. 442
Ponts (2). ib.
Ponts-et-chaussées. 479
Pontuseau. 481
Porphyre. 482
Porphyrisation. 483
Port. 484
Porte. 486
Porte-faix, Commissionnaire. 491
Porte-voix. 492

TOME XVII.

Poste, Postillon. 1
Potasse. 7
Potassium. 33
Potée d'étain. 43
Potence. ib.
Poteries. 46
Compositions et fabrication des pâtes. 54
Façon des pièces. 82
Des vernis, émaux et couvertes, ou enduits vitreux. 117
Cuisson, Fours, Conduite et influence du feu. 129
Diverses propriétés physiques des pâtes céramiques cuites. 165
Coloration et décoration des poteries. 180
Classification et caractères des diverses sortes de poteries. 209
Terres cuites. 211
Poterie commune. 214

(1) Addition, T. XVIII, p. 477.
(2) Addition, T. XVIII, p. 482.

TOME XVII.

Poteries (Suite.)
Faïence commune ou italienne. 235
Faïence fine ou anglaise. 251
Grès-cérames. 269
Porcelaine dure ou chinoise. 279
Porcelaine tendre ou française. 294
id. id. ou anglaise. 300
Histoire de la porcelaine. 304
Explication des planches de l'article poteries. 310
Table méthodique de l'article poteries. 332
Potier d'étain. 338
Poudre à canon. 346
Poudre à vers. 401
Poudre de fusion. 402
Poudre d'or. 403
Poudre fulminante. ib.
Poudres métalliques pour argenter ou dorer. 404
Poudrette. 412
Poulailler. 415
Poule. ib.
Poulie. 417
Poulieur, Poulierie. 423
Poupée, Poupetier. 433
Pourpre de Cassius. 435
Poussée des murs, des voûtes. 439
Poussée des terres. 442
Pouzzolane. 453
Prairies. 454
Pralines, Pralineur. 456
Précipité. 458
Précipité rouge. 462
Prêle. 465
Préparations anatomiques. 466

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XVII.

Presse. 475
Pression. 494
Pressoir. 497
Présure. 504

TOME XVIII.

Prohibition. 1
Projectiles. 3
Projections. 4
Proportion. 5
Prote. 6
Protêt. 8
Privilège. ib.
Prunier, Prune, Pruneaux. 9
Prussiates. 11
Puisard. 12
Puits. 14
Puits artésiens. 22
Pulvérin. 35
Pulvérisation. 36
Purification des huiles. *V.* Huiles.
Putréfaction des huiles. *V.* Fermentation putride.
Pyrite de cuivre. *V* Cuivre.
—— de fer. *V.* Fer.
Pyroligneux (acide). *V.* Acide acétique.
Pyromètre. 40
Pyrophore. 41
Pyrotechnie. 43

Q.

Quadrat. 44
Quadrature. ib.
Quantième. 47
Quart de cercle. 49
Quart de réduction. 53
Quartz ou Quarz. 56
Quatre de chiffre. 61

TOME XVIII.

Quercitron. 66
Queue. ib.
Quincaillier, Quincaillerie. 72
Quinconce. 73
Quinquet. 75
Quinquina. ib.
Quintescence. 97

R.

Rabat. 98
Rabattoir ou Rebattoir. ib.
Rable. 101
Rabot. ib.
Racinage. ib.
Racine. 116
Rack ou Arack. 122
Racloir, Racloire, Radoire. 125
Radeau. 127
Radical. ib.
Raffinerie. *V.* Sucre.
Raisin, Raisiné. 128
Rame. 132
Ramoneur. 134
Rancidité ou Rancissure. 135
Rape. 136
Rapporteur. 140
Raquette, Raquetier. 141
Rasoirs. 142
Ratafias. 146
Rateau. 154
Ratelier. 155
Ratine. 156
Ratissoire. 157
Ravalement. 158
Réactifs. 159
Réalgar. 174
Récente. 176
Recépage, Machine à receper les pieux. 177
Rectangle. 179

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XVIII.

Refendre les cuirs. 179
Réflecteur. 184
Réflexion. 190
Réfraction. 193
Réfrigérant. 198
Règle. 208
Réglisse. 217
Régulateur. 221
Reliage des tonneaux. 223
Relieur. 226
Remanier, Remaniement. 251
Remèdes. ib.
Remontoir. 255
Remorqueur. 257
Rémouleur. 265
Rampailleur de chaises. 268
Rentrayeuse. 270
Repasseuse. 271
Répétition. 273
Réservoir. 284
Résines. 286
Résistance. 300
Ressort. 308
Ressort à boudin. 310
Ressort timbre. 311
Ressorts d'horlogerie. 312
Ressorts de voiture. 317
Réticule. 320
Retiration. 321
Retordeur, Retordoir. 322
Retreinte. 327
Réveil. 328
Réverbère. 333
Réversoir, Versoir. 334
Rhabillage. 336
Rhubarbe. 341
Ricin. 346
Riflard. 349
Ringard. 350
Riz, Rizières. 351
Robinet. 353
Rochet. 360
Rocou. ib.
Rodage des métaux. 364

TOME XVIII.

Rognoir. 364
Rognures. 371
Romaine. ib.
Ros ou Peignes pour les étoffes. 374
Roseau. 382
Rosette. 384
Rotissoire. 386
Roues, Roues dentées. 388
Roues d'angle. 395
Roues de voiture. 397
Roues hydrauliques. 400
Rouet. 436
Rouge à polir. 439
Rouge d'Andrinople. 440
Rouille. 441
Rouissage. ib.
Roulage. 458
Roulette. 461
Rubannier. 465
Rubis. 468
Rum ou Rhum. 472

TOME XIX.

S.

Sable. 1
Sablier. 4
Sablière. 6
Sabot, Sabotier. ib.
Sac. 9
Safran. 10
Safre. 13
Sagou. 14
Sainfoin. 17
Salaison. 19
Salep. 20
Salicine. 21
Salicor. 26
Saline. ib.
Salle de spectacle. 48
Salsepareille. 57

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XIX.

Salubrité. 62
Sandale, Sandalier. 65
Sandaraque. 67
Sang. 68
Sang-dragon. 79
Sangsues. 81
Sanguine. 86
Santal (bois de). 87
Saphir. 89
Sapin. 90
Sardine. 93
Sarrazin. 96
Sassafras (bois de). 97
Satin. 98
Satinage, Satineur. 100
Saumon. 105
Savon. 106
Savons de toilette. 161
Scammonée. 180
Scaphandre. 181
Scellement. 184
Schale. 185
Seie, Sciage. 190
Sculpteur. 199
Séchoirs. 205
Sécrétage. 214
Secteur, Segment. ib.
Seigle. 215
Sel ammoniac. 218
Sels. 242
Sellier-Carrossier. 275
Semailles, Semoir. 280
Sénié. 283
Sépulture. 286
Séran, Sérancœur. 290
Serfouette. 292
Serinette. 293
Seringue. 296
Serpent. 300
Serre. 303
Serrurier. 304
Sève. 315
Sextant. 316
Sidérotechnie. 327

TOME XIX.

Siflet. 330
Signaux. 331
Sillet. 333
Silo. 334
Siphon. 336
Sirène. 343
Sirops. 344
Socques. 371
Sodium. 373
Soie. 374
Solives. 377
Sommier. 378
Son (Physique.) ib.
Son. 395
Sondage et Sonde du mineur. 396
Sonnerie. 412
Sonnette. 419
Sorbier. 423
Soude. 424
Soudure. 464
Soufflet, Soufflerie. 466
Souffleur de verre. 479
Soufre. 488
Soufroir. 502
Soupape. 510
Sourdine. 515

TOME XX.

Sparterie. V. Nattier. 1
Sphère. ib.
Sphéromètre. 3
Spirale. 4
Stabilité. 5
Sténographie. ib.
Stéréotypage. 10
Store. 12
Strass. 14
Stratification. 19
Strontiane. 20
Stuc, Stucateur. 22
Sublimation. 27
Succin. ib.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XX.

Succinates. 29
Sucre. 30
Traitement du jus des bettraves. 41
Idem du sucre des cannes. 89
Procédés de raffinage. 112
Propriété, emplois. 158
Suie. 180
Suif. 181
Suint. 188
Sulfates. 190
Sulfures métalliques. 193
Sumac. 199
Surfaces. 203
Suspension. 207
Suspensoir. 208

T.

Tabac. 210
Tabletier. 233
Taillandier. 236
Taille. 238
Tailleur. 241
Talc. 245
Talonnier. 247
Tambour. 248
Tamisier. 251
Tam-tam. 253
Tan. 354
Tan, Tannage, Tanneur. 259
Tannin. 292
Tapis (fabrique de). 296
Tapisseries (fabrique de) 300
Tapissier. 302
Tarare. 306
Taraud, Tarauder. 309
Tare. 310
Targette. ib.
Tarière. 311
Tartrates. 312
Tâte-vin. 319

TOME XX.

Taupier. 320
Teilleur, Teillage. 322
Teinturier (Art du). (T. XXI, p. 190.)
Teinturier sur coton et fil. 325
Id. sur laine, (T. XXI, pag. 214.)
Id. sur soie, (T. XXI, pag. 365.)
Teinture (généralités sur la) (T. XXI, pag. 365.)
Teinturier-Peaussier (Art du) (T. XXI, pag. 460.)
Télégraphe. 410
Télescopes, id. 418
Tellure. 423
Température. 425
Tenon. 426
Tension. ib.
Térébenthines. 430
Terrassier. 433
Terreau. 434
Thé. 436
Théodalité. 442
Thermomètre. 446
Thon. 466

TOME XXI.

Timbale, Timbalier. 1
Timbre du papier. 5
Tirage. 8
Tire-bourre. 9
Tire-ligne. ib.
Tireur d'or et d'argent. 11
Tisane. 17
Tisserand. 20
Toile, Toilier. 25
Toiles cirées, Taffetas cirés, Tapis cirés. 26
Toiles à peindre. 52
Toise, toiseur. 67
Toiture. 68

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XXI.

Tôle. 69
Tondeuse. 79
Tonnelerie, Tonnelier. 82
Tontin. 89
Torsion 91
Tourbe. 103
Tourne-broche. 112
Tournesol. 115
Tourneur. 117
Toutenague. 124
Trains de bois. 126
Tranches dorées. 127
Transit. 133
Tréfilerie. 134
Trèfle. 142
Tremble. 144
Trémie, Raquet. 145
Treuil, Tour. ib.
Tricot, Tricoteur. 147
Tripoli. 152
Trombone. 153
Trompette. 154
Truffes. 156
Tube. 157
Tulle. 159
Tungstène. 161
Tunnel. 166
Turbine. 168
Tuyaux. 170
Tympan. 179
Typographie. ib.

TOME XXII.

U.

Uranates. 1
Urane. 2
Urine 12
Urique (acide). 15
Usance. 16

TOME XXII.

V.

Vache, Vacherie. 17
Vaisseaux, Navires. 19
Van. 22
Vanille. ib.
Vannage. 25
Vanne. 26
Vannier. 31
Vapeur. 32
Vapeur (machine à). 43
—— (voiture à). 77
—— (bateaux à). 80
Calcul de la force d'une machine à vapeur. 83
Varangues. 89
Varech. ib.
Varlope. 92
Vasistas. ib.
Veilleuse. *V.* Lampe.
Veine fluide. 92
Vélin. *V.* Parchemin.
Vélocifères. 93
Vélocipède. ib.
Velours. 95
Velte. 98
Vent. (Arts physiques). ib.
Vent (moulin à) 104
Ventilateur, Ventilation. 120
Ventouse. 121
Verdet. *V.* Vert-de-gris. ib.
Vergeure, ou Verjure. 124
Vermicellier. 125
Vermillon. 128
Vernier, Nonnius. 132
Vernis. 135
Vernisseur. *V.* Peintre-doreur. 168
Verre. 224
Verre de montre, de pendule. 225
Verres optiques. 229
Verres à soie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TOME XXII.

Vert-de-gris. 234
Vert de Schéele. 237
Vert de Schweinfurt. 238
Vert de vessie. 240
Vidangeur. ib.
Vielle. 241
Vigne. 242
Vin (Arts chimiques.) 260
Vins médicinaux. 295
Vins (fabrication des). 301
Vinaigre. 310
Violon, Quinte, Violoncelle, Contre-basse. 319
Vis. 326
Vis (Arts mécaniques). 329
Vis sans fin. 339

TOME XXII.

Vis d'Archimède. 340
Vitesse. 347
Vitrier. 352
Vivier. ib.
Voile, Voilure. 353
Voirie. ib.
Volant. ib.
Volatilisation. *V.* Sublimation.
Volume (Arts de calcul). 358
Voûte, Voussoirs. 365

Z.

Zig-zag. 366
Zinc. 367

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires