

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1. Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par [Eclydre](#).
2. Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :
 - la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - <https://cnum.cnam.fr>)
 - la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.
3. Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :
 - les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
4. Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)
5. L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.
6. Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif
Auteur(s)	Auteur collectif
Titre	Conférences du dimanche
Adresse	Paris : Librairie de l'enseignement technique : Cnam, 1920-1926
Collation	23 vol.
Nombre de volumes	23
Sujet(s)	Sciences et industrie
Notice complète	0
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12KY48_2CC20
LISTE DES VOLUMES	
	Conférence faite le 11 janvier 1920 sur les métallurgies
	Conférence sur l'aviation faite le 18 janvier 1920
	Conférence sur les recherches et les inventions faite le 25 janvier 1920
	Conférence faite le 1er février 1920 sur l'évolution du matériel d'artillerie
	Conférence faite le 15 février 1920 sur les chars d'assaut : historique technique, historique tactique, vues d'avenir
	Conférence faite le 22 février 1920 sur le service géographique de l'armée pendant la guerre
	Conférence faite le 29 février 1920 sur la fabrication des poudres et explosifs
	Conférence faite le 7 mars 1920 sur les radio-éléments et leurs applications
	Conférence faite le 14 mars 1920 sur la chimie de guerre : les gaz de combat
	Conférence faite le 21 mars 1920 sur le rôle du laboratoire d'usine
	Conférence sur les industries chimiques faite le 28 mars 1920
	Conférence faite le 16 janvier 1921 sur l'aide des colonies au relèvement de l'industrie nationale
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les moteurs à combustion
	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les chemins de fer pendant et après la guerre
	Conférence faite le 30 janvier 1921 sur les richesses de l'Alsace et de la Lorraine
	Conférence faite le 13 février 1921 sur l'utilisation du combustible dans la métallurgie
	Conférence faite le 20 février 1921 sur la Roumanie nouvelle
	Conférence faite le 6 mars 1921 sur les banques d'émission et la guerre
	Conférence faite le 6 mars 1921 sur l'aluminium : emplois industriels du métal et de ses principaux alliages
	Conférence faite le 20 mars 1921 sur la valorisation du travail humain
	Conférence faite le 19 mars 1922 sur une mission au Canada
	Conférence faite le 2 avril 1922 sur l'état actuel de la télégraphie et de la téléphonie sans fil
	La structure de la matière et l'électricité [14 février 1926]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Auteur collectif
Titre	Conférences du dimanche
Volume	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les moteurs à combustion
Adresse	Paris : Librairie de l'enseignement technique Léon Eyrolles, éditeur, 1921
Collection	Conférences faites au Conservatoire national des arts et métiers , Deuxième série, 3 [2]
Collation	1 vol. (31 p.) ; 18 cm
Nombre de vues	36
Cote	CNAM-BIB 12 Ky 48 (13)
Sujet(s)	Moteurs thermiques -- Histoire Moteurs à combustion interne
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	29/10/2026
Date de génération du PDF	29/10/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/096610972
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12KY48.13

2
in-12 My 482
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

3

Conférence faite le 23 Janvier 1921

SUR

LES MOTEURS A COMBUSTION

PAR M. DROSNE

Ingénieur en chef aux Établissements Schneider



PARIS

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, Éditeur
3, rue Thénard (V°)

—
1921

TOUS DROITS RÉSERVÉS

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

292, rue Saint-Martin, Paris (3^e)

Le Conservatoire National des Arts et Métiers comprend :

1^o Un musée industriel contenant des collections uniques d'appareils et de modèles dont le nombre s'élève à plus de 15.000 et parmi lesquels se trouvent des objets historiques de la plus haute importance.

2^o Un enseignement public et gratuit pour l'application des sciences aux arts industriels et ne comprenant pas moins de 23 cours :

Géométrie appliquée aux arts. — Mécanique. — Machines. — Physique appliquée aux arts. — Electricité industrielle. — Métallurgie et travail des métaux. — Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. — Chimie agricole et analyse chimique. — Chimie industrielle. — Chimie appliquée aux industries des matières colorantes. — Chimie appliquée aux industries des chaux et ciments. — Filature et tissage. — Constructions civiles. — Art appliqué aux métiers. — Agriculture. — Économie industrielle et statistique. — Assurance et Prévoyance sociales. — Associations ouvrières. — Hygiène industrielle. — Économie sociale. — Droit commercial. — Géographie commerciale et industrielle. — Économie politique.

En outre, des conférences sur des sujets d'actualité sont faites dans le courant de l'année.

3^o Un enseignement pratique donné dans la journée et qui constitue une préparation directe à l'industrie.

Cet enseignement porte actuellement sur les machines, la métallurgie, la mécanique, la physique, l'électricité industrielle, la filature et le tissage.

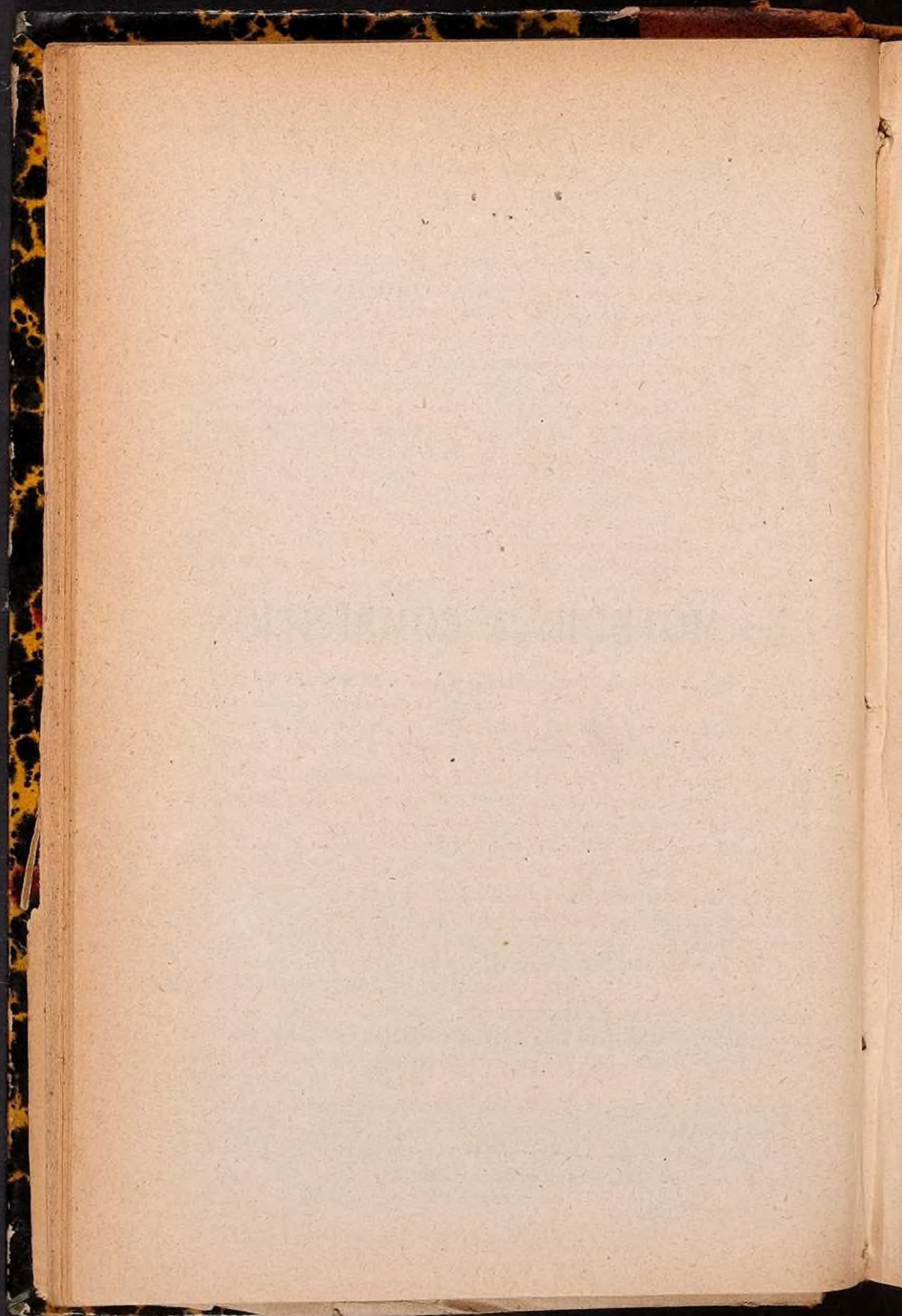
4^o Une bibliothèque contenant une riche collection d'ouvrages relatifs aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie et renfermant environ 53.000 volumes ou cartes. C'est un centre de documentation pour les industriels, les commerçants, les ouvriers ; les étudiants, les élèves des grandes Écoles y trouveront aussi les ouvrages utiles à leurs études.

5^o Un laboratoire d'essais industriels dont le but est de permettre aux Services de l'État, aux industriels, commerçants et particuliers, de soumettre les produits bruts ou manufacturés de toute nature, les machines et les appareils, aux essais mécaniques, physiques, chimiques ou aux essais de machines susceptibles de les qualifier.

6^o Un musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle qui constitue une exposition permanente des appareils protecteurs et des dispositifs de sécurité et d'hygiène industrielle les plus pratiques et les plus perfectionnés.

7^o Enfin un laboratoire de recherches sur le travail professionnel qui poursuit l'application, au monde économique, des méthodes de discipline et d'ordre de l'activité humaine. Le but à atteindre est le rendement social maximum ; les moyens sont dans l'organisation de l'outillage et de la main-d'œuvre, et, avant tout, de l'apprentissage.

LES MOTEURS A COMBUSTION



12° Ky. 48 (13)

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Conférence faite le 23 Janvier 1921

SUR

LES MOTEURS A COMBUSTION

PAR M. DROSNE

Ingénieur en chef aux Établissements Schneider



PARIS

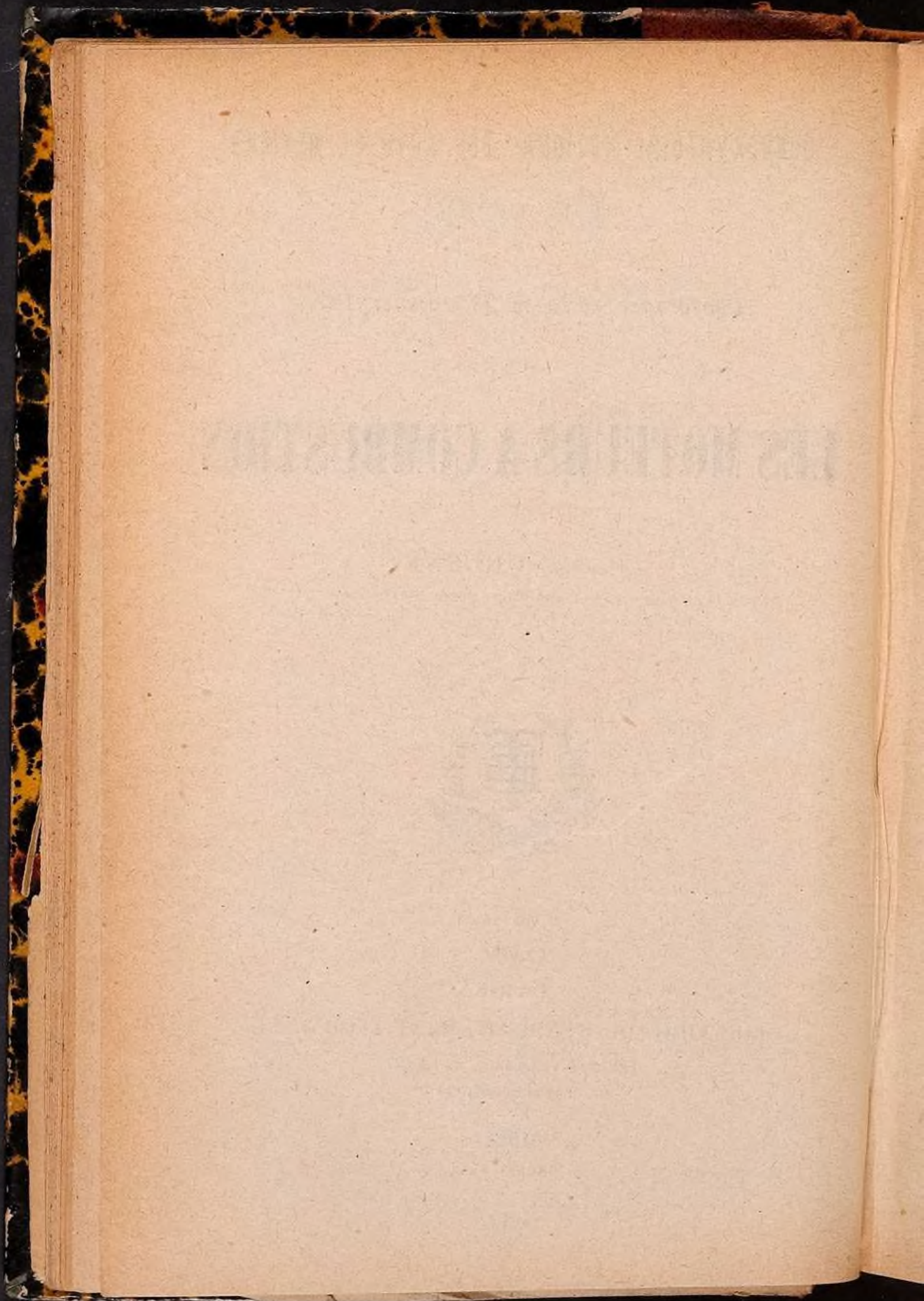
LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, Éditeur

3, rue Thénard (V^e)

—
1921

TOUS DROITS RÉSERVÉS



MESDAMES, MESSIEURS,

Les moteurs à combustion sont certainement un sujet d'actualité, attendu qu'ils ont joué un rôle considérable dans les dernières années qui viennent de s'écouler, puisque les canons qui ont lancé des projectiles en nombre considérable, de part et d'autre du front, étaient eux-mêmes des moteurs à combustion. J'espère montrer que ces moteurs singuliers, ces « machines à poudre » sont, au fond, d'une réalisation très analogue aux moteurs à combustion usuels que nous construisons chaque jour en plus grand nombre et qui, sans doute, contribueront pour une large part à réparer les désastres causés par les premiers.

Ce n'est pas d'aujourd'hui que les hommes ont appris à faire du feu ; on peut même dire qu'il est absolument impossible de savoir à quelle époque préhistorique, on a commencé à produire artificiellement des flammes et à gouverner leur emploi. Mais en revanche, il y a beaucoup moins de temps que l'on sait utiliser réellement la puissance motrice du feu.

En effet, au premier abord il n'est pas très évident qu'une flamme puisse distribuer de la puissance motrice. Quand on examine une lampe à pétrole ou un

feu de cheminée, on ne s'imagine pas, à première vue, de quelle manière on peut en tirer un effet mécanique sensible. Mais quand on réfléchit un peu au phénomène, on s'aperçoit que la flamme est supportée matériellement par un gaz, et que ce gaz dilaté constitue bien une source de puissance motrice.

A la vérité, les gaz ne sont pas les seuls corps pouvant devenir incandescents et pouvant être ainsi dilatés par l'action d'une flamme : les liquides et les solides produisent des effets analogues. Mais l'expérience la plus vulgaire montre qu'il y a peu de chances de faire jamais un moteur thermique commode d'emploi avec une barre de fer subissant des dilatations et des contractions sous l'action d'une flamme et d'un courant d'eau froide ; les mouvements à utiliser sont à une échelle trop réduite.

Les gaz, eux, ont cette propriété précieuse de se dilater considérablement sous l'action de la chaleur ; par conséquent, il est très naturel d'essayer de s'en servir comme intermédiaire entre le feu et l'arbre rotatif, ou l'objet auquel nous voulons appliquer sa puissance motrice.

Mais si on veut utiliser convenablement la puissance ainsi manifestée, il faut avoir une idée au moins approchée de la constitution du gaz que l'on emploie comme intermédiaire. C'est précisément l'objectif de la thermo-dynamique et de la physique moléculaire. L'histoire des progrès décisifs des moteurs à combustion est ainsi parallèle à l'histoire du progrès de nos connaissances des relations de la matière avec le milieu qui l'entoure, et des divers modes de transformation de l'énergie, depuis l'agitation thermique jusqu'à l'énergie sensible et utilisable.

Aujourd'hui que nous pouvons jeter un regard d'ensemble sur l'évolution des idées, beaucoup de ces notions nous paraissent toutes simples ; les jeunes gens qui ont suivi quelque temps un cours de physique raisonnent d'une façon parfaite sur le cycle de Carnot ou le diagramme entropique ; il leur apparaît de toute évidence que nos devanciers ont passé inutilement de bien longues années à chercher et à ne pas trouver le diagramme thermo-dynamique permettant d'obtenir le rendement maximum et ils sont tentés de considérer la science de la chaleur comme « une décevante et inutile énigme ». Mais en réalité, l'effort intellectuel qui a abouti aux applications quotidiennes d'aujourd'hui, a été considérable. Il a fallu se rendre compte de ce qu'était un gaz, par rapport aux objets usuels et connus, c'est-à-dire schématiser au moins les gaz sous une forme accessible au raisonnement, à l'analyse et à l'expérimentation. Cette schématisation de plus en plus précise et perfectionnée est devenue l'image de la théorie cinétique. Un gaz sous pression est constitué par un nombre immense de particules indestructibles, douées de vitesses de translation dans tous les sens, possédées ainsi d'un mouvement éternel et spontané, qu'aucune paroi solide ne détruit, non plus que les chocs innombrables qui se produisent entre ces particules ; c'est ce que l'on appelle l'agitation moléculaire. Par conséquent, voici une image précise, accessible à nos sens et qui correspond aujourd'hui, grâce aux expériences faites par les physiciens, non plus à une simple hypothèse, mais à une réalité profonde. La pression d'un gaz n'est pas autre chose que l'effet totalisé d'un grand nombre de chocs transmis par les molécules du gaz à une paroi

solide. Voilà donc la cause de l'effort et aussi l'énergie sensible cédée par un gaz à une paroi solide. Mais il s'agit maintenant de produire cette énergie à l'aide de la chaleur, ou plutôt à créer un flux d'énergie matérielle à l'aide d'un flux de chaleur. Alors intervient un autre effet, celui de la réaction chimique, c'est-à-dire de la flamme, qui est le signe visible d'un accroissement de l'énergie moléculaire, aux dépens de l'énergie chimique.

Les chimistes ont observé qu'il y a des réactions absorbant et d'autres dégageant de la chaleur, et sans entrer plus avant dans le détail, on peut dire qu'une réaction chimique exothermique, c'est-à-dire une combustion, est un moyen de mettre en liberté de la chaleur aux dépens de l'énergie atomique et d'accélérer ainsi cette agitation moléculaire du gaz qui est notre outil fondamental. Par conséquent, le jour où nous saurons gouverner les réactions chimiques exothermiques, évaluer l'accélération de l'agitation moléculaire qui en est la conséquence, nous aurons entre les mains tous les moyens de réaliser un moteur thermique, tout au moins dans notre esprit, ou sur le papier, car la plus belle conception du monde ne sert de rien si elle n'est pas matérialisée, c'est-à-dire si à la suite des épures et des calculs, on ne peut pas faire construire une machine qui représente le résultat final des recherches théoriques des physiciens, des études de mécanique ordinaire des mécaniciens et des ingénieurs, et qui puisse ainsi fournir à celui qui l'emploie un moteur réellement « rentable », pour employer le terme anglais qui désigne bien l'objectif final de toute création industrielle.

Il y a donc, on peut dire, en toute invention, deux

séries d'efforts bien distincts ; l'effort des théoriciens qui consiste à se former une opinion raisonnable sur l'ensemble des phénomènes utilisés et d'un autre côté, l'effort beaucoup plus complexe et sporadique, beaucoup moins harmonieux, beaucoup plus vulgaire et en un mot de tous ceux, qui aux différents étages de la hiérarchie, depuis le bureau de dessin jusqu'à l'atelier, sont chargés de transformer les plans, c'est-à-dire les tracés, sur papier, en réalités matérielles.

Il me semble que la meilleure manière de traiter brièvement un sujet aussi vaste que celui du moteur à combustion est d'essayer de donner une esquisse très légère, mais cependant aussi fidèle que possible, de cette double catégorie d'efforts.

Commençons donc à nous faire une idée de ce que c'est que la combustion au sens où nous l'utilisons, et avec les notions que nous possédons sur les gaz. Eh bien, l'expérience et le raisonnement montrent qu'il y a deux familles de combustions très différentes. La première, que nous avons baptisée depuis longtemps les explosions ou les détonations, est caractérisée par une très grande vitesse de propagation qui dépasse, dans la plupart des cas deux mille, trois mille à quatre mille mètres à la seconde. Dans cette sorte de combustion, c'est une onde de choc, c'est-à-dire une onde mécanique, une onde matérielle, qui déclenche le phénomène. On peut dire qu'une explosion, c'est une combustion dans laquelle une onde de choc attache à son char la combustion proprement dite, c'est-à-dire la flamme, qui est le siège de la réaction chimique. Par conséquent, dans une explosion, la flamme est précédée par une onde mécanique qui l'entraîne avec une vitesse formidable et dont elle ne peut se sépa-

rer. Il est évident qu'on ne peut pas utiliser ce genre de phénomène dans un moteur industriel parce qu'aucune pièce ne résisterait aux effets de la détonation. Comme l'onde de choc accompagne nécessairement la flamme, cela veut dire que tout ce qui lui serait soumis volerait en éclats, et c'est ce qui arrive précisément dans nos projectiles explosifs. Dans ce cas, nous sommes heureux de rencontrer ce type de combustion et nous sommes d'autant plus satisfaits que le projectile donne plus d'éclats. Mais nous n'avons aucun moyen de gouverner le phénomène et nous ne l'aurons pas, tant que notre mécanique emploiera des vitesses de l'ordre de celles que nous employons actuellement. Par conséquent, il faut mettre ce genre de combustion de côté et s'en écarter même le plus qu'on peut.

Heureusement il y a une deuxième famille de combustions : ce sont les combustions dites ordinaires et tranquilles, d'une lampe à pétrole ou même du charbon qui brûle lentement en s'oxydant lorsqu'il est à l'air libre. Là ce n'est pas un choc qui régit le phénomène, c'est au contraire un phénomène immatériel, ou mieux un phénomène dû au milieu impondérable qui baigne tous les corps. C'est la lumière (visible ou invisible), ou, en d'autres termes, la chaleur rayonnante qui se propage de proche en proche à travers le milieu et déclenche la réaction, en accélérant, au fur et à mesure de la formation de molécules nouvelles, l'agitation moléculaire totale du gaz.

Voici donc établie, peut-on dire, la silhouette générale des combustions utilisées dans nos moteurs et tout à fait analogues à ces flammes gazeuses que nous manions tous les jours. Mais il ne suffit pas de savoir

libérer de la chaleur, il faut en tirer le meilleur parti possible et se demander si l'énergie que l'on applique ainsi aux molécules du gaz est totalement employée à pousser le piston que l'on se propose de propulser. On peut en douter, *a priori*, car, lorsque la chaleur est mise en liberté, non seulement la pression augmente sur le piston, mais la pression augmente aussi dans le gaz lui-même, et le comprime sur lui-même. Le gaz est ainsi équivalent à une infinité de ressorts métalliques que nous nous ingénions à comprimer d'abord individuellement pour pouvoir les loger dans l'espace situé à bout de course derrière le piston, et où ils exerceront, en se détendant, l'effort moteur.

A première vue, il ne semble pas que nous puissions éviter cette perte, qui paraît liée à l'existence même des corps élastiques. Mais si on ne peut l'éviter, on peut probablement la réduire. Que faut-il pour cela ? Chercher à établir une compensation, c'est-à-dire à utiliser le plus possible de cette énergie élastique du gaz, soit par une détente très prolongée, soit par une compression préalable à la combustion, suivie d'une détente égale. C'est ce que les thermodynamiciens ont démontré par un raisonnement plus précis lorsqu'ils ont étudié systématiquement le cycle des moteurs à combustion et aussi qu'il fallait une compression préalable pour tirer d'un corps le meilleur parti de l'énergie potentielle d'un combustible. D'ailleurs, en y réfléchissant, cette chose est intuitive. Par exemple, car il est toujours bon de prendre des exemples directs, quel est le rendement de nos bouches à feu ordinaires ? Quand on évalue ce rendement par le rapport de la quantité d'énergie sensible cédée au projectile au potentiel total de la poudre, on s'aper-

çoit qu'il est extrêmement élevé. Ainsi, un canon de campagne de 75 ^m/_m, a un rendement thermique de trente pour cent. Or, je ne sache pas qu'il y ait des rendements aussi considérables dans les futures centrales qui doivent alimenter Paris en lumière et en force.

Nous avons par conséquent dans nos canons des machines thermiques d'un rendement très élevé. Pourquoi ? Parce que la compression préalable a été réalisée, grâce à une « densité de chargement » convenable. Toutefois, elle n'a pas été faite dans le canon lui-même, mais dans la poudrerie qui a préparé les futures molécules des gaz de la poudre sous forme de solides très denses pouvant être logés dans un espace relativement très réduit.

Mais l'effet produit est le même que si la compression avait été réellement pratiquée sur les gaz. Le rendement est élevé parce que le volume initial du corps, qui doit libérer la quantité de gaz considérable d'une charge de poudre est extrêmement réduit.

Dans les moteurs à combustion ordinaires, nous ne pouvons pas agir de la sorte ; il faut réaliser la compression dans le moteur lui-même, au moment même de l'emploi du combustible et du carburant.

Ici se présente une difficulté spéciale de réalisation dont l'étude va nous conduire à partager les moteurs à combustion en deux familles distinctes : les moteurs fonctionnant avec mélange préalable ou par carburation, et les moteurs à injection.

Les difficultés mécaniques de la compression sont, en fait, très sensibles, mais ces difficultés ne sauraient, aujourd'hui, entrer en ligne de compte avec les avantages thermiques à en attendre, surtout dans

le cas où l'air et le gaz sont préalablement mélangés. Il suffit alors, en effet, de les admettre parallèlement dans le cylindre moteur et de les comprimer pêle-mêle dans l'espace mort. Mais il ne faut pas risquer d'y mettre le feu prématurément. Or, toute compression élève la température et, d'autre part, l'auto-inflammation d'un mélange gazeux donné se produit à une température définie. Nous sommes donc limités dans le taux adopté pour la compression par la valeur correspondant à l'auto-allumage du mélange aspiré par le moteur. Il ne faut pas évidemment que l'allumage ait lieu avant le moment voulu, c'est-à-dire avant l'instant correspondant à une position angulaire donnée de la manivelle motrice.

Par conséquent, on est obligé de limiter la compression à un taux insuffisant pour produire l'allumage de la charge. Ce taux varie suivant la nature des gaz en présence, mais est indépendant de la pression totale. Il peut s'élever pour les gaz pauvres en hydrogène, à 13, 14 et 15 ks par centimètre carré, mais au contraire pour les gaz riches en hydrogène, c'est-à-dire en carbures légers, il est beaucoup plus bas et il n'est pas prudent de dépasser des compressions de huit à neuf ks avec des moteurs alimentés à l'essence ou au gaz d'éclairage.

Comment faire pour sortir de cette limite ainsi imposée au rendement ? On peut penser tout de suite qu'il suffirait de comprimer à part l'air et les gaz combustibles et de ne les mélanger que dans le cylindre moteur, mais vous voyez immédiatement les difficultés résultant d'une compression séparée dans deux cylindres distincts, suivie d'un mélange dans un troisième cylindre, seul moteur. On peut dire, en em-

ployant un terme courant, que la combinaison n'est pas « mécanique », parce qu'elle complique infiniment la machine, attendu qu'au lieu d'avoir un seul attelage par cylindre moteur, il faut en avoir au moins deux et très probablement trois.

Je ne parle pas des difficultés d'organisation de la distribution, et de bien d'autres encore ! Ce sont ces difficultés qui, avant 1894, étaient considérées comme insurmontables et qui limitaient les progrès des moteurs à combustion. A ce moment-là, quelqu'un eut l'idée géniale que si le combustible était du liquide, comme du pétrole ou de l'huile lourde, les difficultés mécaniques seraient résolues, puisque le liquide est « pratiquement » incompressible et a un volume spécifique infime. Par conséquent, il n'est plus nécessaire de songer à de gigantesques cylindres de compression auxquels nous venons de faire allusion, pour le corps combustible.

De là est né le moteur Diesel, appartenant à cette deuxième famille de moteurs, ceux dont le combustible, au lieu d'être mélangé préalablement à l'air, est injecté seulement à la fin de la compression par un ajutage et une pompe appropriés.

Cet ajutage d'injection et cette pompe à liquide ne sont pas absolument « quelconques » ; néanmoins, ils ne sont, au point de vue mécanique, que la reproduction d'organes analogues bien connus de notre technologie. Aujourd'hui que nous pouvons voir les choses avec un certain recul, nous constatons que ce n'est pas la peine de se livrer à une débauche d'imagination pour donner un tracé correct à la pompe ou au pulvérisateur. Le pulvérisateur est un engin, en fait, extrêmement vulgaire, et il suffit de

transposer les modèles courants pour concevoir les différents types employés dans les moteurs Diesel.

La pulvérisation peut se faire, en effet, de plusieurs façons différentes. Lorsque dans un atelier mû par la force hydraulique, il y a une fuite imperceptible dans l'un des tuyaux distribuant l'eau sous très haute pression, on voit qu'au lieu d'un jet massif d'eau il s'écoule une espèce de brouillard extrêmement ténu. On a donc réalisé, dans ce cas, la pulvérisation d'un liquide. On conçoit d'ailleurs ce qui produit ici la division presque moléculaire du fluide : c'est son élasticité insensible aux faibles détentes, mais sensible aux très fortes. Lorsque l'eau s'échappe par la petite ouverture, les différentes petites billes élastiques très dures qui représentent les molécules du liquide sont brusquement détendues : elles se dispersent ainsi en tous sens et produisent le brouillard observé.

Il y a un second mode de pulvérisation, peut-être le plus employé dans la vie courante : la pulvérisation par entraînement des vaporisateurs des cabinets de toilettes ; mais celle-ci est un autre phénomène ; c'est, cette fois, l'agitation moléculaire du gaz entraîneur qui est la cause de l'effet observé. Nous avons dit qu'un gaz était tout à fait analogue à un ensemble de petites particules animées d'une vitesse de translation très grande et orientées d'une manière chaotique. Si donc, dans ce milieu extrêmement agité, on introduit une goutte de liquide, de volume supérieur à celui d'une molécule de gaz, elle va être disloquée par les milliards de chocs qu'elle va recevoir de l'air d'entraînement et elle va participer à la danse en se mélangeant, molécule à molécule, à tout le milieu en agitation désordonnée.



C'est ce qui arrive dans la deuxième méthode de pulvérisation ; il suffit donc d'injecter le pétrole en compagnie d'une certaine quantité d'air, à une pression quelque peu supérieure à celle qui règne dans l'espace mort, et de détendre le tout dans cet espace, au fur et à mesure de la course motrice du piston.

Somme toute, nous pouvons dire que nous venons de parcourir très rapidement le cycle des idées générales qui ont donné naissance à tous les moteurs à combustion, depuis le moteur à explosion jusqu'au moteur à combustion proprement dite : car on a la mauvaise habitude d'appeler « à explosion » les moteurs qui devraient s'appeler aussi moteurs à combustion, mais qui fonctionnent avec mélange préalable. Il nous faut faire ce sacrifice à la langue courante, en déplorant le mauvais choix des termes de notre langage technique.

Je disais tout à l'heure qu'il n'est jamais inutile de se retourner en arrière pour mesurer l'étendue du progrès des idées et la progression des réalisations autour des événements industriels importants comme la naissance du moteur à combustion. Il est fort intéressant, en effet, de se poser des questions comme celle-ci : Comment se fait-il que les moteurs à combustion ne soient pas nés *avant* la machine à vapeur ? Il y avait pourtant de fortes chances pour que le contraire arrivât, attendu que les premiers canons ont été employés à la bataille de Crécy, et c'étaient bien des moteurs à combustion.

Comment se fait-il donc qu'il ait fallu autant de temps entre la bataille de Crécy et la naissance du premier moteur à gaz pour s'apercevoir qu'il y avait une liaison directe entre l'art de lancer un projectile

avec du feu, et l'art de pousser un piston également avec du feu ?

Chose bien plus surprenante encore, James Watt, l'inventeur de la vraie machine à vapeur, a tenu entre ses mains le moteur à gaz, en 1778 ! Pourquoi ne l'a-t-il pas mis sur pied ? Probablement parce que l'opinion de ses contemporains n'y était pas préparée. En effet, il avait confié à un de ses contre-maîtres, Murdoch, le soin d'éclairer au gaz son usine de Soho ; d'autre part, il savait les essais faits par Huyghens sur la « machine à poudre » et, par conséquent, on a eu ce spectacle vraiment singulier d'une usine éclairée au gaz, dans laquelle un inventeur de génie était en train de s'occuper à mettre sur pied une machine à vapeur ! Il semble qu'il eût été bien plus naturel qu'il fit faire un pas décisif au moteur à gaz puisque le moteur emploie les mêmes organes mécaniques que la machine à vapeur ; mais ce pas n'a pas été fait, malgré le prodigieux génie de James Watt.

Vers 1860, plusieurs ingénieurs conscients de l'énergie qui existait dans le gaz d'éclairage (qui à ce moment-là était vulgarisé partout), plusieurs ingénieurs ont voulu tirer parti de cette énergie. Charles Lenoir a créé ainsi un premier moteur à gaz, copié sur la machine à vapeur, en tant que disposition mécanique. Mais il ignorait trop les idées générales enfin dégagées en matière de thermodynamique. Son moteur ne pouvait être qu'imparfait, et c'est pourquoi il faut le louer d'avoir, si peu armé qu'il était pour concevoir la réalité des phénomènes qu'il utilisait, il faut le louer d'avoir eu le courage et la chance de faire le premier moteur à gaz capable de fournir quelques chevaux à un petit atelier.

A la même époque, deux Allemands, Otto et Langen, eurent la même idée. Seulement ils l'ont eue d'une manière un peu plus heureuse que Lenoir, quoiqu'ils se fissent une notion très fausse de la combustion dans un cylindre, qu'ils assimilaient à une véritable explosion.

Hantés par cette idée que rien ne pouvait résister à ce choc brutal, ils organisèrent leur machine à la manière d'une bouche à feu, dont le projectile était le piston, entraînant l'arbre rotatif *seulement* à la course de retour.

Ce moteur, du premier coup, a marché. C'était déjà très remarquable, mais ce qui l'est plus encore, c'est qu'il a permis de mesurer aussitôt des rendements véritablement stupéfiants pour l'époque. Quand on y regarde de près, on s'aperçoit que ces rendements n'étaient pas du tout inexacts et qu'ils étaient dus aux effets d'une détente très prolongée, même au-dessous de la pression atmosphérique, compensant ainsi l'absence de compression préalable.

Otto et Langen avaient donc tourné la difficulté de la compression préalable en l'escamotant et en lui substituant une détente suffisante, permise par la course énorme de leur machine et ses dispositions cinématiques. Cependant cet artifice ne peut pas être employé d'une manière systématique parce que de tels moteurs ont des courses exagérées. Toutefois, pour certaines applications spéciales, telles que la conduite de pompes à action directe, c'est-à-dire sans arbre rotatif, le système primitif d'Otto est encore excellent : C'est de ce système que dérive la moderne pompe à gaz d'Humphrey.

La tentative d'Otto ne pouvait pas aboutir sous sa

forme première. Heureusement qu'un Français, Beau de Rochas, avait pu, entre temps, dans son cabinet de travail, codifier les lois qui présidaient à l'obtention industrielle de bons rendement thermiques par la définition du cycle à quatre temps et par l'analyse détaillée de ce cycle et de ses formes de réalisation.

Otto et Langen eurent le mérite de comprendre l'idée de Beau de Rochas et de l'utiliser dans leurs constructions subséquentes.

Un seul et même cylindre à simple effet décrivait, dès lors, le cycle suivant :

1° Course d'aspiration dans laquelle le piston aspire le mélange d'air et de combustible supposé gazeux ou gazéifié ;

2° Course de compression, en sens inverse, dans laquelle ce mélange homogène est soumis à la compression préalable et à un taux tel que l'auto-allumage ne soit pas produit ;

3° Course motrice précédée de l'allumage de la charge, par conséquent propulsion du piston et production de puissance motrice utilisable sur l'arbre du moteur ;

4° Et enfin échappement, c'est-à-dire expulsion par le piston revenant une dernière fois en sens inverse, des gaz qui viennent d'être brûlés et qui sont évacués, sans pression sensible, dans l'atmosphère.

Le moteur à gaz à quatre temps, ainsi réalisé par Otto, a eu droit de cité dans l'industrie depuis 1878. Depuis cette époque, il s'est développé rapidement partout où l'on trouvait du gaz d'éclairage ou même du gaz de gazogène. Puis, vers 1894, un Allemand encore, nommé R. Diesel, qui était employé dans une

grande compagnie de froid industriel, a eu l'idée d'examiner à nouveau les principes sur lesquels reposait le moteur à gaz et la volonté de chercher pourquoi il n'était pas possible d'obtenir des rendements plus élevés que ceux admis de son temps. Il a refait le raisonnement que nous avons fait tout à l'heure; il s'est aperçu ainsi qu'il fallait augmenter les compressions, et qu'on ne pouvait alors employer que du combustible liquide, injecté séparément. En revanche, les difficultés créées par ces fortes compressions apportaient des compensations très précieuses. D'abord on n'avait plus à s'occuper de l'allumage, qui était assuré automatiquement lors de l'injection; ensuite on pouvait constater facilement que, du fait qu'on avait en mains la pompe chargée d'injecter le combustible, on avait par cela même, en mains, un véritable compteur volumétrique de combustible.

Le moteur devenait à ce point de vue tout à fait comparable à une machine à vapeur à détente variable, ayant la même souplesse qu'elle pour fournir, à vitesse constante, une gamme de puissance extrêmement étendue.

R. Diesel publia donc une première brochure. Il ne pouvait guère faire autre chose pour débiter, car il fallait d'abord convaincre les esprits. Cette brochure était d'ailleurs souillée de quelques idées fausses, car il est souvent assez facile de se tromper en matière de thermodynamique. Diesel s'était même grossièrement trompé. Ces erreurs n'ont pas eu, à la vérité, de graves conséquences; peut-être même ont-elles été heureuses, car sa brochure intéressa immédiatement deux firmes importantes allemandes, la Maschinenfabrik, d'Augsbourg, et la Maison Krupp,

d'Essen. Ces deux maisons s'associèrent avec Diesel dans le but de réaliser, en acier et en fonte, le moteur imaginé par l'inventeur. Il a fallu quelque chose comme dix ans d'efforts ininterrompus pour arriver à un résultat, c'est-à-dire pour réaliser un vrai moteur Diesel, tournant pour de bon.

En 1900, un succès incontestable vint couronner ces efforts et il devint évident pour tout le monde que le moteur Diesel allait jouer un rôle sérieux dans l'industrie, probablement même dans les applications guerrières et les industries militaires. Evidemment, en effet, un moteur comme le moteur Diesel est tout indiqué pour les sous-marins. Il est également tout indiqué pour certains navires de combat pour lesquels la production de fumée et la chauffe au charbon sont des vices rédhibitoires. Il semblait même destiné, pour certains esprits, à la propulsion des wagons et des trains de chemins de fer ; bref, son emploi, au premier abord, a paru presque sans limites, et beaucoup ont cru voir le dernier jour de la machine à vapeur. Eh bien, nous pouvons dire aujourd'hui, malgré que l'emploi du moteur Diesel soit très généralisé, il n'est pas encore universel. Si le moteur Diesel n'a pas atteint toutes les applications auxquelles il aurait pu prétendre, cela tient à une caractéristique inséparable des moteurs à combustion. C'est à la nécessité d'un intermédiaire mécanique convenable entre la puissance motrice et la résistance à surmonter. Nous avons créé un moteur avec ses caractéristiques personnelles, nous savons qu'elles s'accommodent d'un régime permanent, mais il faudrait qu'il s'accommode aussi de tous les régimes variables entre le repos absolu et la marche normale. Or, il est très

rare que les lois de variation des résistances s'accroissent à priori avec la forme des lois de variations des couples moteurs qu'on leur applique. Cela arrive pour la machine à vapeur usuelle, à introduction variable ; mais cela n'arrive pas pour le moteur à combustion.

Je prends le cas de la propulsion des trains. Quelle est la forme de la loi de résistance lorsque le train est en vitesse uniforme sur un palier ? On peut dire qu'elle peut se traduire par un chiffre à peu près constant par tonne, que l'on peut estimer à 6 ks. environ. 6 ks. suffisent pour tirer un train démarré, mais il y a le démarrage ! Or, jusqu'à présent, nous avons raisonné en supposant notre moteur en marche. Mais il faut le mettre en marche, et étant donné qu'il s'agit d'un moteur à 2 ou 4 temps, et à simple effet, par cela même qu'il y a plusieurs temps, il y en a qui ne sont pas moteurs ; il y a des positions des manivelles pour lesquelles il n'y a pas du tout d'effort moteur. Il y a même des points où il y a des efforts résistants, si le nombre des cylindres n'est pas très grand. Il faut commencer par le faire partir, c'est-à-dire par lui imprimer, par un artifice quelconque, une vitesse minimum suffisante pour que l'inertie réussisse à entretenir la vitesse pendant au moins un tour, et permette aux courses motrices de faire sentir leur effet.

Il faut donc trouver le moyen de mettre le moteur en route sans démarrer le train, et de démarrer celui-ci sans causer un ralentissement exagéré du moteur, capable de produire son arrêt complet.

C'est cette catégorie de difficultés qui ne sont pas encore complètement résolues. Nous ne disposons pas,

dans tous les cas, de l'intermédiaire convenable entre le moteur et le récepteur. Dans le cas de l'hélice propulsive, il n'y a pas de difficultés graves, parce que le couple de cette hélice s'annule à peu près avec la vitesse.

La plupart des moteurs Diesel des submersibles peuvent ainsi avoir un dispositif de manœuvre et de démarrage très simple, qui leur permet de faire quelques cylindrées à l'air comprimé et de passer ensuite directement au pétrole. Mais, je le répète, l'intermédiaire mécanique convenable n'existe pas dans le cas de la propulsion sur rails et quelquefois même sur route tout au moins pour le démarrage des très lourdes masses.

Si nos automobiles marchent avec une pareille aisance, cela tient, en effet, à ce qu'elles ont une masse relativement faible, et qu'on peut se contenter d'un simple embrayage à glissement pour laisser au moteur la liberté nécessaire ; mais il n'en est pas de même pour les trains où la masse atteint couramment 200, 300 et même 1.000 tonnes.

On conçoit donc qu'il y a toute une série d'organes à créer pour donner la souplesse indispensable.

Le problème est cependant partiellement résolu, et nous verrons même une des solutions satisfaisantes que pratiquent les établissements Schneider dans ce domaine. Nous construisons des auto-tracteurs à essence pour lesquels on est parvenu à résoudre le problème de l'embrayage, tout au moins dans la limite des opérations de triage et de refoulement des rames de wagons dans les gares. Il est permis d'espérer qu'avant peu de temps nous aurons fait un pas de plus et que nous arriverons au même résultat pour

des trains de tonnage élevé. Mais il ne faut pas anticiper sur l'avenir et pour l'instant nous borner à décrire les moteurs et les engins dont nous venons d'esquisser le schéma d'ensemble.

Nous avons dit qu'un moteur à combustion comporte naturellement des organes de distribution, des organes d'allumage, des organes de démarrage et tout ce qu'il faut pour assurer la continuité de la marche, c'est-à-dire un circuit de refroidissement et un circuit de graissage.

Comme il serait trop long de les examiner un par un, de faire la description des organes pour chaque type de moteur, il vaut mieux examiner, à propos des différents types, quelques dispositifs caractéristiques. Par exemple, nous pouvons considérer le cas tout à fait général du moteur à gaz horizontal de forte puissance. C'est aujourd'hui un type devenu classique, celui qui est employé dans toutes les grandes usines métallurgiques pour faire marcher les groupes électrogènes ou les soufflantes des hauts fourneaux, ou même des aciéries. Ces moteurs ne sont que le développement du premier moteur Otto et Langen, mais à une échelle beaucoup plus considérable. La puissance unitaire de ces moteurs varie aujourd'hui entre mille cinq cent et trois mille HP, le nombre de tours par minute, suivant les dimensions, entre quatre-vingt et cent ; les dimensions des cylindres atteignent aujourd'hui, pour des machines analogues à celles qui existent à la société métallurgique de Caen, des valeurs de mille trois cent pour l'alésage, et de mille cinq cent pour la course. Vous voyez les dimensions considérables d'un seul cylindre : on est ainsi obligé de coucher ces cylindres horizontalement,

de les disposer en tandem de part et d'autre de l'arbre rotatif, car on comprend aisément qu'il faudrait de véritables cathédrales pour les abriter, si on leur donnait la disposition de machines verticales.

Dans le cas où le moteur à gaz est employé à faire tourner les alternateurs, c'est-à-dire une machine rotative, et que, par suite, la régularité de la marche importe à un très haut point, on dispose de deux attelages parallèles, c'est-à-dire de deux fois l'attelage type que nous venons d'indiquer, soit, au total, de quatre cylindres à quatre temps et à double effet.

Telle est, somme toute, la silhouette actuelle du moteur à gaz de grande puissance à quatre temps. Il n'est pas très utile de chercher à faire marcher ce moteur suivant le rythme à deux temps car celui-ci n'est intéressant que lorsqu'on cherche à réduire au minimum le poids et l'encombrement d'une machine, même aux dépens de la simplicité et de la consommation. Ce n'est pas ici le cas, au contraire.

L'allumage se produit naturellement comme dans tous les moteurs à combustion, par une étincelle électrique. Il y a évidemment quantité de systèmes d'allumage, depuis la magnéto usuelle, jusqu'aux allumeurs Lodge, équivalents à de petites stations de T. S. F.

Lorsqu'on examine de pareilles machines, lorsqu'on n'est pas surpris au premier abord par leurs dimensions gigantesques, on s'aperçoit qu'elles représentent une quantité d'inventions vraiment considérable. Chaque pièce a son histoire, et une histoire qui a été très souvent pénible et très laborieuse pour ceux chargés de la mettre au point.

Par exemple, il a fallu beaucoup d'ingéniosité pour

éviter les fissures systématiques des cylindres. Les cylindres sont en fonte et c'est dans ces cylindres qu'on fait brûler le gaz et chacun sait que la fonte est une matière très exposée à la fissuration, sous l'action de la chaleur et des efforts mécaniques combinés.

Il suffit de se promener dans une grande usine métallurgique pour voir le cimetière des cylindres hors d'usage, ce sont des cylindres qui n'ont pas pu tenir en service courant et que l'on accumule à destination du casse-fonte. L'histoire des cylindres n'est qu'un point particulier, dans la genèse des moteurs à gaz, car presque toutes les pièces ont ainsi traversé leur période héroïque, au cours de laquelle des difficultés d'exécution insoupçonnées se sont révélées et ont dû être surmontées.

Prenons un autre exemple au hasard, les tiges de piston. Est-il rien de plus simple qu'une tige de piston ? C'est une barre d'acier sur laquelle on monte le piston et qui le relie mécaniquement au patin et à la bielle motrice. Mais, d'abord la tige du piston d'un moteur à gaz est creuse parce qu'elle sert de canal à l'eau de refroidissement du piston. C'est déjà une difficulté ; mais de plus, comme elle est longue, comme elle est grosse et lourde, elle prend une flexion élastique, notable pour son poids, elle ne peut pas être droite. Par conséquent, nous avons affaire à une tige de piston courbe et il faut malgré cela que nous assurions l'étanchéité de nos presse-étoupe. Comment faire pour arriver à surmonter ces difficultés qui sont, en mécanique usuelle, des causes d'accidents ? Il n'y a qu'un moyen, c'est de donner à la tige une flexion inverse de celle que doit lui donner son propre poids. Par exemple, au lieu de tourner la tige

parfaitement cylindrique, on lui donne une forme générale torique, mais la moindre erreur sur le tournage de cette tige de forme singulière, ou la moindre erreur dans le montage, ou encore la moindre différence dans le réglage des jeux des deux glissières encadrant la tige, peut causer de très grosses difficultés qui entraînent toujours finalement une fuite par le presse-étoupe, et souvent sa destruction ; il en est de même pour toutes les pièces. Toutes, elles ont leur histoire et souvent leur martyrologe.

Que vous dirais-je encore des mille difficultés rencontrées non plus à propos des moteurs à gaz fixes, mais des moteurs Diesel, pour submersibles ? Un mot du pulvérisateur. Nous avons vu que c'était un organe très simple comme définition, mais cependant quand on examine le piston de certains moteurs de submersibles, on est surpris de trouver des dépôts de coke adhérent et on les trouve répartis suivant une zone qui correspond exactement à la projection conique des trous du pulvérisateur. Qu'est-ce que prouve la présence de ce coke ? Il prouve que le pétrole n'a pas eu tout le temps nécessaire à sa combustion avant de rencontrer la surface relativement froide du piston. Il faut donc empêcher la flamme jaillie du pulvérisateur d'avoir une longueur exagérée. Cette longueur dépend du diamètre des gouttes, de leur vitesse de combustion et de la vitesse d'injection. On ne peut agir directement que sur le diamètre des gouttes de pétrole. Il faut leur donner des dimensions très faibles, mais suffisantes cependant. Ce problème ne peut être résolu que par une étude soignée et comparative de l'organisation d'un certain nombre de types d'aiguilles d'injection.

Enfin, on peut noter sur les moteurs marins auxquels nous venons de faire allusion, la nécessité d'une manœuvre absolument sûre. Il faut être assuré *a priori* qu'un moteur marin puisse partir au commandement. Toutes les manœuvres d'accostage et d'appareillage d'un navire exigent une précision extraordinaire dans l'obéissance du moteur. Nous avons vu que le moteur à combustion mono-cylindrique est peu favorisé sous ce rapport. Mais l'heureuse propriété de l'hélice d'avoir un couple nul à vitesse nulle, permet d'escamoter la difficulté. On opère ainsi :

1^o Démarrage à l'air comprimé avec un certain nombre de cylindres, quatre au minimum pendant un nombre de tours très petit (quatre à dix), juste suffisant pour assurer au moteur le parcours de deux autres tours complets avant calage ;

2^o Substitution instantanée du pétrole à l'air comprimé lorsque ce premier résultat est atteint. Possibilité de faire cette opération soit dans le sens direct, soit dans le sens inverse (marche arrière). Il faut que les mécanismes soient organisés de manière qu'aucune erreur ne puisse se commettre, par conséquent, il faut que les mouvements demandés à l'homme soient réduits au strict minimum, ou plutôt ne nécessitent aucun soin spécial. Il y a quantité de solutions cinématiques élégantes du problème ci-dessus. La disposition des moteurs construits par Le Creusot ne nécessite aucune attention de la part du mécanicien. Lorsqu'il reçoit l'ordre de partir en avant ou en arrière, il lui suffit de tourner le volant de mise en train toujours dans le même sens, sans hâte, et pour un certain nombre de tours. Une fois que le volant a été complètement tourné, le moteur se

trouve en route, tous les cylindres au pétrole. C'est le mécanisme actionné par le volant qui se charge de faire correctement les diverses phases que nous venons d'énumérer, en mettant en prise ou hors de prise les galets d'attaque des soupapes de la distribution.

Enfin, pour donner une dernière idée des difficultés mécaniques soulevées par le moteur des submersibles, il n'est peut-être pas inutile de parler du graissage. Une machine quelconque a besoin d'être graissée, c'est un fait connu de tous les mécaniciens. Nous avons vu dans le moteur à gaz, la difficulté qu'il y avait à assurer un graissage direct à la main, par suite de ses énormes dimensions. Ici c'est encore pis, parce que la machine est enfermée dans un carter, et qu'elle est ainsi invisible. Il faut donc assurer mécaniquement l'arrivée de l'huile à toutes les pièces mobiles. Naturellement c'est une pompe qui est chargée de fournir le débit d'huile total, mais la difficulté git dans la répartition correcte à tous les départs pour un moteur comme celui-ci, de trois mille HP, à trois cent cinquante tours-minute.

Il y a en effet plus de cent quatre-vingt-trois points de départ, il faut donc que dans le collecteur de refoulement d'huile, on ait placé à l'origine de chaque départ d'huile un diaphragme correctement calibré, destiné à donner passage à la quantité d'huile qui lui revient sans plus, car on conçoit que si on donne un passage d'huile trop gros à un départ situé près de la pompe, l'huile ira en abondance à ce point, et les pièces plus éloignées souffriront relativement. Il y a là toute une école à faire ; elle est d'ailleurs loin d'être encore complètement terminée, et de grands

progrès sont à escompter du côté de l'organisation rationnelle du graissage.

Maintenant que nous avons décrit du mieux qu'il nous a été possible les différents moteurs à combustion et à explosion, nous allons voir au cinématographe leur construction et leur réalisation.

Il m'a paru qu'il était intéressant de voir à l'atelier la fabrication du moteur, l'utilisation du moteur et une station centrale de ces gros moteurs à gaz sous la forme de laquelle elle se présente et d'assister à une opération de démarrage de ces gros moteurs à gaz. C'est ce que nous allons voir.

Il ne sera peut être pas inutile, pour terminer, de tirer un enseignement de ce que nous avons vu, enseignement qui me paraît être le suivant :

Les progrès industriels importants comme la création des moteurs à combustion ne s'obtiennent pas à bon marché. Il faut toujours des collaborations très nombreuses pour arriver à un résultat et c'est peut-être ce qu'on oublie trop souvent. Ces collaborations sont de deux sortes. D'abord celle des esprits qui ont le loisir de chercher, d'inventer, ce sont ceux que nous appelons communément des savants, c'est-à-dire des esprits comme ceux de Carnot et de Beau de Rochas. Ce sont eux qui ont les idées générales exactes et qui savent les dégager et les exprimer correctement. Ensuite vient la multitude innombrable des ingénieurs, des chefs d'ateliers, des contremaîtres et des ouvriers, qui sont chargés, dans leurs secteurs d'activité, de réaliser en matière palpable l'idée immatérielle de l'inventeur, et de la réaliser heureusement, c'est-à-dire sous une forme appropriée aux besoins et aux ressources du moment.

Par conséquent, ni les uns ni les autres ne peuvent s'ignorer réciproquement, la besogne bien faite nécessite la collaboration non seulement intime, mais confiante des deux classes, aussi bien celle des Ingénieurs que celle des ouvriers et des travailleurs manuels.

Pas de salut en dehors du travail collectif !

Pas de salut pour le travail manuel seul !

Pas de salut pour l'abstraction pure et isolée !



se
an
di
pl
74

pr
pa

(E

I.
sion
IV.
V. I

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS, DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

Reconnue par l'État. — Décret du 5 février 1921

Rue Du Sommerard, rue Thénard et boulevard Saint-Germain, Paris (5^e)

CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT

Président : M. CLAVEILLE, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, sénateur de la Dordogne, ancien ministre des Travaux Publics et des Transports.

Vice-Président : M. KLEINE, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, directeur honoraire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Membres

MM. CORBIER, président de la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques.

RATEAU, membre de l'Institut, ancien professeur à l'Ecole Nationale des Mines, Industriel.

BLONDEL, membre de l'Institut, Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

RECHNIEWSKY, Ingénieur, administrateur de la Compagnie Française Thomson-Houston.

PHILIPPE-FOUGEROLLE, ancien président du Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics, membre du Conseil Supérieur des Travaux Publics.

DUFOUR, Ingénieur-Constructeur.

MM. AUBURTIN, architecte en chef des Bâtiments civils et des Palais Nationaux, membre du Conseil supérieur des Bâtiments civils.

Lieutenant-colonel ESPITALIER, ancien professeur du cours de construction à l'Ecole d'Application de Fontainebleau.

VERDIN, Ingénieur-Constructeur, président de l'Association Amicale des Anciens Elèves.

Général GAGES, ancien directeur des Ateliers de Construction de Bourges.

LÉON EYROLLES, Ingénieur, directeur de l'Ecole.

ETÈVE, ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur-adjoint de l'Ecole.

ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE (EXTERNAT ET MAISON DE FAMILLE)

L'Ecole de plein exercice (Enseignement sur place) comprend deux établissements ayant un rôle distinct : à Paris, 3, rue Thénard, se trouvent les amphithéâtres des Cours et le siège de l'Administration ; à Arcueil-Cachan, distant de quelques minutes de Paris, fonctionne la plus vaste Ecole d'Application d'Ingénieurs existant en France et qui ne couvre pas moins de 74.000 mètres carrés.

L'Ecole de plein exercice fréquentée chaque année par 900 élèves, comprend trois grandes écoles bien distinctes, ayant chacune un enseignement particulier conduisant aux diplômes supérieurs ci-après :

ÉCOLE SUPÉRIEURE DES TRAVAUX PUBLICS

Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics

ÉCOLE SUPÉRIEURE DU BATIMENT

Diplôme d'Ingénieur-Architecte

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE MÉCANIQUE

ET D'ÉLECTRICITÉ

Diplôme d'Ingénieur-Electricien

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

(Édition d'ouvrages techniques de premier ordre)

I. Encyclopédie industrielle et commerciale. — II. Le livre de la Profession. — III. Collection des monographies industrielles et commerciales. — IV. Cours et conférences du Conservatoire national des Arts et Métiers. — V. Bibliothèque des Annales et Ouvrages de l'Administration des P. T. T.

Catalogue gratuit sur demande

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, Éditeur
8, rue Thénard, Paris (V°)

CONFÉRENCES

faites au Conservatoire National des Arts et Métiers
éditées et mises en vente

PREMIÈRE SÉRIE (1920)

1. **Les Métallurgies.** — M. LÉON GUILLET, professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures. Prix..... 1 fr. 50

2. **L'Aviation.** — M. R. SOREAU, professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, vice-président de l'Aéro-Club de France. Prix..... 1 franc

3. **Les recherches scientifiques et industrielles et les inventions.** — M. J.-L. BRETON, député, directeur des recherches scientifiques et industrielles et des inventions. Prix..... 2 francs

4. **L'évolution du matériel d'artillerie.** — M. le lieutenant-colonel RIMAILHO. Prix..... 2 fr. 50

5. **Les chars d'assaut.** — Leur rôle sur le champ de bataille. — Leur utilisation dans les travaux de la paix. — M. le général ESTIENNE. Prix..... 2 fr. 50

6. **Le Service géographique de l'armée pendant la guerre.** — M. le général BOURGEOIS, membre de l'Institut, directeur honoraire du Service géographique de l'armée. Prix..... 2 fr. 50

7. **De la fabrication des poudres et explosifs.** — M. LHEURE, ancien directeur du Service des poudres. Prix..... 2 francs

8. **Les radio-éléments et leurs applications.** — M^{me} CURIE, professeur à la Sorbonne. Prix..... 1 fr. 50

9. **La chimie de guerre. Les gaz de combat.** — M. MOUREU, membre de l'Institut, professeur au Collège de France. Prix..... 1 fr. 50

10. **Le rôle du laboratoire d'usine.** — M. ALBERT PORTEVIN, maître de conférences à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures. Prix..... 2 fr. 60

11. **Les industries chimiques.** — M. FLEURENT, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. Prix..... 1 fr. 50

DEUXIÈME SÉRIE (1921)

1. **La main-d'œuvre agricole pendant et après la guerre.** — M. SOUCHON, professeur à la Faculté de Droit, membre de l'Institut.

2. **L'aide des colonies au relèvement de l'industrie nationale.** — M. JEAN DYBOWSKI, membre de l'Académie d'agriculture.

3. **Les moteurs à combustion.** — M. DROSNE, ingénieur en chef aux Etablissements Schneider.

4. **Les richesses économiques de l'Alsace et de la Lorraine.** — M. LEBRUN, sénateur de Meurthe-et-Moselle, ancien ministre.

5. **Les chemins de fer pendant et après la guerre.** — M. PESCHAUD, secrétaire général de la Compagnie d'Orléans.

6. **L'utilisation du combustible dans la métallurgie.** — M. DE LOISY, ingénieur civil des Mines.

7. **La Roumanie nouvelle.** — M. DE MARTONNE, professeur à la Sorbonne.

8. **Les banques d'émission et la guerre.** — M. RIST, professeur à la Faculté de Droit.

9. **L'aluminium (emplois industriels du métal et de ses principaux alliages).** — M. GUÉRIN, ingénieur, chef des laboratoires de l'Aluminium français.

10. **Le commerce extérieur de la France depuis l'armistice.** — M. EDGARD ALLIX, professeur à la Faculté de Droit.

11. **La valorisation du travail humain (applications aux reconstructions des régions dévastées).** — M. PAUL RAZOUS, commissaire contrôleur au Ministère du Travail.

Prix de chaque conférence :
1 fr. 50 à 2 fr. 50