

## 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 ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

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](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 possible 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 REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/039224155">https://www.sudoc.fr/039224155</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT">https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT</a>
LISTE DES VOLUMES	
	<a href="#">1949, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1949, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1949, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1949, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1949, n° 4 bis</a>
	<a href="#">1950, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1950, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1950, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1950, n° 4 bis</a>
	<a href="#">1951, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1951, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1951, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1951, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1952, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1952, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1952, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1952, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1952, n° spécial</a>
	<a href="#">1953, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1953, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1953, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1953, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1953, n° spécial</a>
	<a href="#">1954, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1954, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1954, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1954, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1955, n° 1 (janv.-mars)</a>

	<a href="#">1955, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1955, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1955, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1956, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1956, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1956, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1956, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1957, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1957, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1957, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1957, n° spécial (1956-1957)</a>
	<a href="#">1958, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1958, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1958 n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1958, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1959, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1959, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1959 n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1959, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1960, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1960, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1960, n° 3 (juil.-sept.)</a>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">1960, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1961, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1961, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1961, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1961, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1962, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1962, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1962, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1962, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1963, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1963, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1963, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1963, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1964, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1964, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1964, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1964, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1965, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1965, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1965, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1965, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1966, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1966, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1966, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1966, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1967, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1967, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1967, n° 3 (juil.-sept.)</a>

	<a href="#">1967, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1968, n° 1</a>
	<a href="#">1968, n° 2</a>
	<a href="#">1968, n° 3</a>
	<a href="#">1968, n° 4</a>
	<a href="#">1969, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1969, n° 2</a>
	<a href="#">1969, n° 3</a>
	<a href="#">1969, n° 4</a>
	<a href="#">1970, n° 1</a>
	<a href="#">1970, n° 2</a>
	<a href="#">1970, n° 3</a>
	<a href="#">1970, n° 4</a>
	<a href="#">1971, n° 1</a>
	<a href="#">1971, n° 2</a>
	<a href="#">1971, n° 4</a>
	<a href="#">1972, n° 1</a>
	<a href="#">1972, n° 2</a>
	<a href="#">1972, n° 3</a>
	<a href="#">1972, n° 4</a>
	<a href="#">1973, n° 1</a>
	<a href="#">1973, n° 2</a>
	<a href="#">1973, n° 3</a>
	<a href="#">1973, n° 4</a>
	<a href="#">1974, n° 1</a>
	<a href="#">1974, n° 2</a>
	<a href="#">1974, n° 3</a>
	<a href="#">1974, n° 4</a>
	<a href="#">1975, n° 1</a>
	<a href="#">1975, n° 2</a>
	<a href="#">1975, n° 3</a>
	<a href="#">1975, n° 4</a>
	<a href="#">1976, n° 1</a>
	<a href="#">1976, n° 2</a>
	<a href="#">1976, n° 3</a>
	<a href="#">1976, n° 4</a>
	<a href="#">1977, n° 1</a>
	<a href="#">1977, n° 2</a>
	<a href="#">1977, n° 3</a>
	<a href="#">1977, n° 4</a>
	<a href="#">1978, n° 1</a>
	<a href="#">1978, n° 2</a>
	<a href="#">1978, n° 3</a>
	<a href="#">1978, n° 4</a>
	<a href="#">1979, n° 1</a>
	<a href="#">1979, n° 2</a>
	<a href="#">1979, n° 3</a>
	<a href="#">1979, n° 4</a>
	<a href="#">1980, n° 1</a>
	<a href="#">1982, n° spécial</a>

	<a href="#">1983, n° 1</a>
	<a href="#">1983, n° 3-4</a>
	<a href="#">1983, n° 3-4</a>
	<a href="#">1984, n° 1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1984, n° 2</a>
	<a href="#">1985, n° 1</a>
	<a href="#">1985, n° 2</a>
	<a href="#">1986, n° 1</a>
	<a href="#">1986, n° 2</a>
	<a href="#">1987, n° 1</a>
	<a href="#">1987, n° 2</a>
	<a href="#">1988, n° 1</a>
	<a href="#">1988, n° 2</a>
	<a href="#">1989</a>
	<a href="#">1990</a>
	<a href="#">1991</a>
	<a href="#">1992</a>
	<a href="#">1993, n° 1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1993, n° 2 (2eme semestre)</a>
	<a href="#">1994, n° 1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1994, n° 2 (2eme semestre)</a>
	<a href="#">1995, n° 1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1995, n° 2 (2eme semestre)</a>
	<a href="#">1996, n° 1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1997, n° 1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)</a>
	<a href="#">1998, n° 4 (4e trimestre)</a>
	<a href="#">1999, n° 2 (2e trimestre)</a>
	<a href="#">1999, n° 3 (3e trimestre)</a>
	<a href="#">1999, n° 4 (4e trimestre)</a>
	<a href="#">2000, n° 1 (1er trimestre)</a>
	<a href="#">2000, n° 2 (2e trimestre)</a>
	<a href="#">2000, n° 3 (3e trimestre)</a>
	<a href="#">2000, n° 4 (4e trimestre)</a>
	<a href="#">2001, n° 1 (1er trimestre)</a>
	<a href="#">2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)</a>
	<a href="#">2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)</a>
	<a href="#">2002, n° 2 (décembre)</a>
	<a href="#">2003 (décembre)</a>

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	<a href="#">1960, n° 4 (oct.-déc.)</a>
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1960

<b>Collation</b>	1 vol. (p. [87]-106, [20] p. de pl.) : ill. ; 27 cm
<b>Nombre de vues</b>	58
<b>Cote</b>	INDNAT (53)
<b>Sujet(s)</b>	Industrie
<b>Thématique(s)</b>	Généralités scientifiques et vulgarisation
<b>Typologie</b>	Revue
<b>Langue</b>	Français
<b>Date de mise en ligne</b>	03/09/2025
<b>Date de génération du PDF</b>	08/09/2025
<b>Recherche plein texte</b>	Non disponible
<b>Permalien</b>	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.53">https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.53</a>

## Note d'introduction à [l'Industrie nationale \(1947-2003\)](#)

---

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reporterà à la [notice publiée en 2012 : « Pour en savoir plus »](#)

### [Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

### [Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abondant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publient les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

### *Bibliographie*

Daniel Blouin, Gérard Emtoz, [« 220 ans de la Société d'encouragement »](#), Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMTOZ, [« Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours »](#), Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.  
Bibliothèque

# L'INDUSTRIE NATIONALE

COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES  
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT  
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

PUBLIÉS AVEC LE CONCOURS  
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1960  
N° 4

*Revue trimestrielle*

# L'INDUSTRIE NATIONALE

COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES  
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT  
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

publiés sous la direction de **M. Georges CHAUDRON**, Membre de l'Institut, Président,  
avec le concours du Secrétariat de la Société.

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.

N° 4 : OCTOBRE-DÉCEMBRE 1960

## SOMMAIRE

### PROGRÈS DANS L'UTILISATION DES PRODUITS FERREUX DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE,

par M. J. POMEY 87

\*

PRIX ET MÉDAILLES ATTRIBUÉS POUR L'ANNÉE 1959 . . . . . 105

\*

INDEX DES NOMS D'AUTEURS . . . . . 107

44, rue de Rennes, PARIS 6<sup>e</sup> (LIT 55-61)

Le n° 7,50 NF

C. C. P. Paris n° 618-48

## PROGRÈS DANS L'UTILISATION DES PRODUITS FERREUX DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE (1)

par M. Jacques POMEY,

*Directeur Scientifique de la Régie Nationale des Usines Renault.*

### INTRODUCTION.

L'industrie automobile est très différente de la grosse mécanique et des constructions aéronautiques par les caractères fondamentaux qui lui sont propres, à savoir :

- a) les pièces sont relativement petites;
- b) le taux de travail est le plus souvent juste en dessous de la limite d'endurance aux efforts alternés;
- c) les fabrications portent sur des séries très importantes ce qui, pour chaque pièce, justifie un équipement spécialisé;
- d) c'est une industrie où, par suite d'une concurrence internationale sévère, le bas prix de revient est un impératif.

Alors que les deux causes de destruction des pièces sont l'usure ou la fatigue, la présente étude se rapporte plus particulièrement à ce dernier cas. L'expérience montre que les ruptures de fatigue surviennent toujours en des régions de concentration d'effort comme les congés et où, par suite du mode de fabrication, les fibres sont mal orientées. Il convient donc en premier lieu de prendre en considération le fibrage, en montrant les progrès qui ont été accomplis soit pour l'atténuer, soit pour mieux l'orienter.

(1) Conférence faite le 3 mars 1960 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, à l'occasion de la remise à la Régie Nationale des Usines Renault du grand Prix Lamy, sur rapport de M. Georges Chaudron, Membre de l'Institut, Président de la Société d'Encouragement.

## COULÉE CONTINUE ET CORROYAGE.

Le corroyage  $\frac{S}{s}$ , ou rapport de la section initiale à la section finale dans l'étirage à chaud par laminage ou forgeage, a deux effets principaux : le premier est de ressouder les microretassures, c'est un effet favorable; le second est de développer la fibrosité, peut-être favorable en long, mais certainement défavorable en travers. Aussi convient-il de rechercher les plus hautes propriétés transversales. La figure 1 montre, pour un acier mi-dur chrome molybdène de construction, coulé en continu en section de  $200 \times 240$  mm, l'influence du taux de corroyage  $\frac{S}{s}$  sur la résilience Mesnager, considérée ici comme critère de qualité.

On voit qu'aux deux états de revenu choisis, les résiliences en travers décroissent pour un taux de corroyage supérieur à 6. Comme, en partant des dimensions courantes de lingot, les demi-produits laminés ont un taux de corroyage considérablement plus élevé, on voit l'intérêt de la coulée continue, qui pour une même section de demi-produit permet de partir d'une section de coulée beaucoup plus petite.

Aussi ce nouveau procédé est-il main-

tenant employé en grand. Rappelons en quoi il consiste; à cet effet reportons-nous à la figure 2. L'acier a été versé dans une poche. Celle-ci est amenée en haut d'une tour de coulée. Le métal qui s'écoule de la poche traverse un bassin, dont un barrage retient le laitier éventuellement entraîné et dont l'inclinaison peut parfaire le réglage du débit à travers la busette en zircone. L'acier s'écoule du bassin dans la lingotière en cuivre rouge à circulation d'eau et à suspension élastique oscillante. La solidification se fait au contact de la paroi, mais quand la croûte a une épaisseur suffisante le retrait de solidification sépare la peau du contact de la lingotière, de telle sorte qu'à un niveau inférieur le refroidissement est poursuivi par un arrosage direct. Après solidification complète à cœur, c'est-à-dire à un niveau encore plus bas, nous trouvons deux paires de cylindres entraîneurs qui règlent l'avance de la barre solidifiée. Plus bas encore, nous trouvons un chalumeau oxycoupeur qui avance à la même vitesse verticale et qui coupe selon une section droite. La barre ainsi détachée tombe sur un basculeur et est évacuée par un chemin de rouleaux..

## FIBRAGE RATIONNEL.

L'autre principe consiste à orienter les fibres au cours du formage de la pièce, de telle sorte que cette direction de fibre coïncide avec celle que prendra le champ de force en service. Il importe non seulement que l'orientation des fibres soit dans l'ensemble correcte, mais surtout qu'aux points faibles de la pièce où des concentrations d'efforts se développent, l'orientation correcte donnée par le forgeage ne soit pas détruite ensuite par un usinage enlevant de la matière à l'outil coupant. Il est donc indispensable que le formage suive de très près les cotes définitives de la pièce; par surcroit, on réalisera une économie

d'usinage. Nous allons en donner deux exemples.

Le premier est relatif aux gros arbres manivelles; bien que sortant du cadre strict de l'industrie automobile, il est inspiré du même esprit et appliqué par la Compagnie des Ateliers et Forges de la Loire. On voit figure 3 que, partant d'une barre ronde, celle-ci est pincée en ses deux extrémités et dans sa partie médiane par l'outillage d'une presse puissante. Dans une première étape de l'opération les deux parties latérales se rapprochent pour effectuer un renflement axial avec renflement circonférentiel de la partie hors de l'outillage.

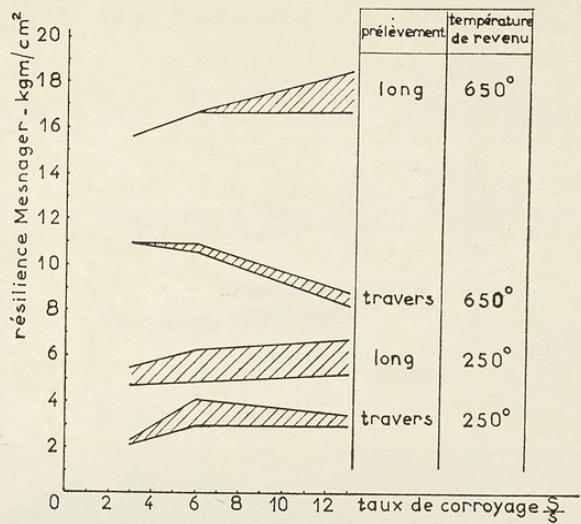


fig. 1. Coulée continue et taux de corroyage.

acier chrome molybdène C=0.36 Mn=0.7 Si=0.2 Cr=1 Mo=0.25 S=0.07 P=0.02  
section coulée 200x240 mm.

éprouvettes austénisées à 850 trempées à l'huile et revenues à 250° ou 650°  
On voit l'optimum des propriétés transversales pour un taux de corroyage voisin de 6

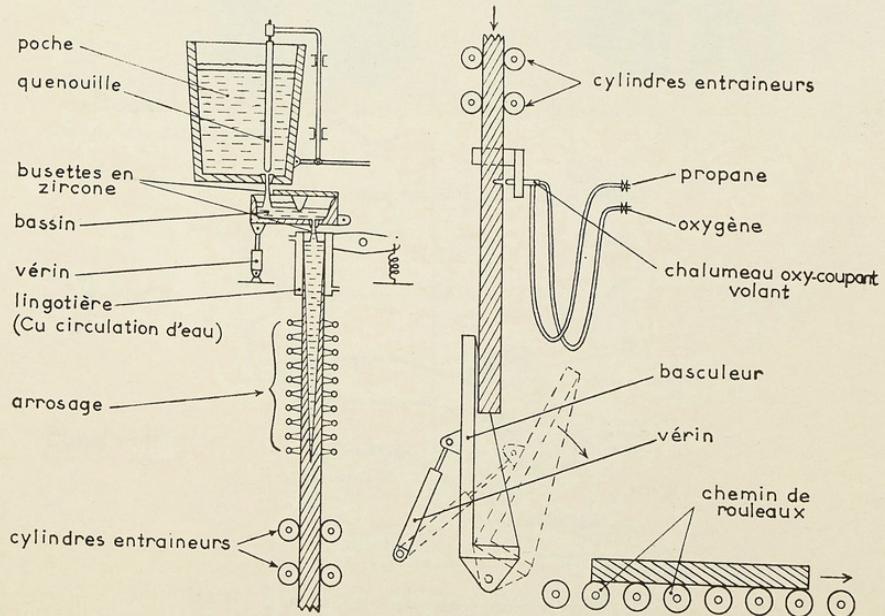


fig. 2. - COULEE CONTINUE

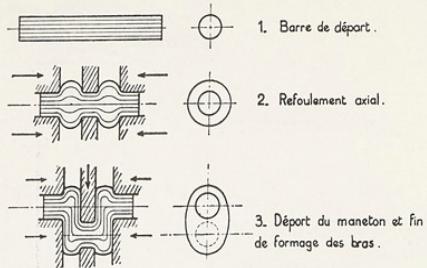


Fig. 3. FIBRAGE RATIONNEL D'UN ARBRE MANIVELLE.  
(Ateliers et Forges de la Loire)

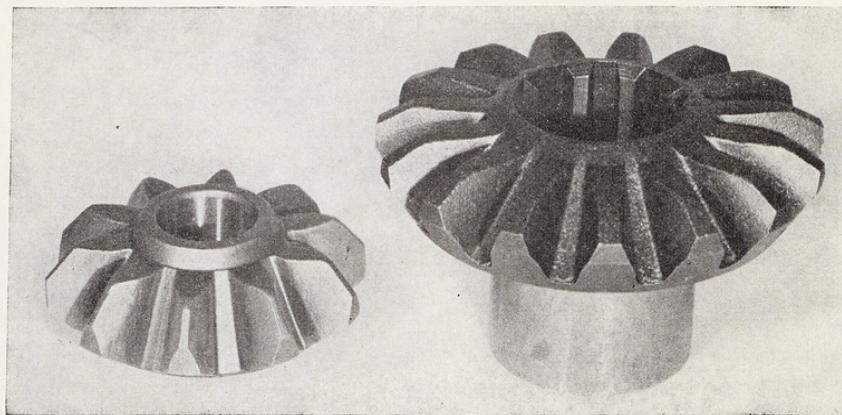
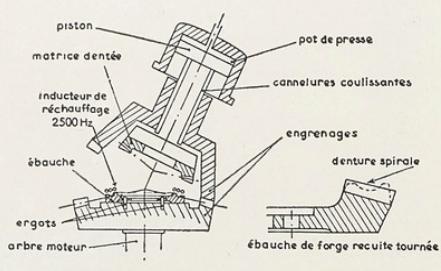


Fig. 4.  
Satellite et planétaire à denture matricée.



MACHINE À ROULER LA DENTURE DE COURONNE À TAILLE SPIRALE

Fig. 5.

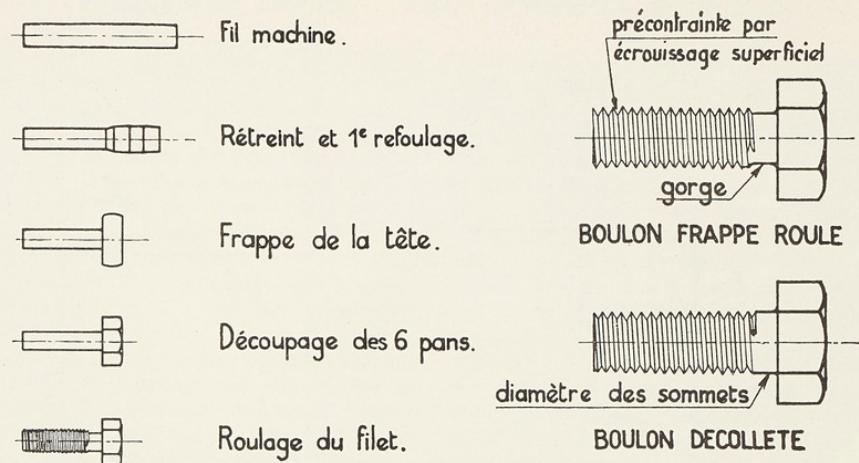


Fig.6 - BOULONNERIE FRAPPEE ROULEE UTILISEE ETAT ECROU.

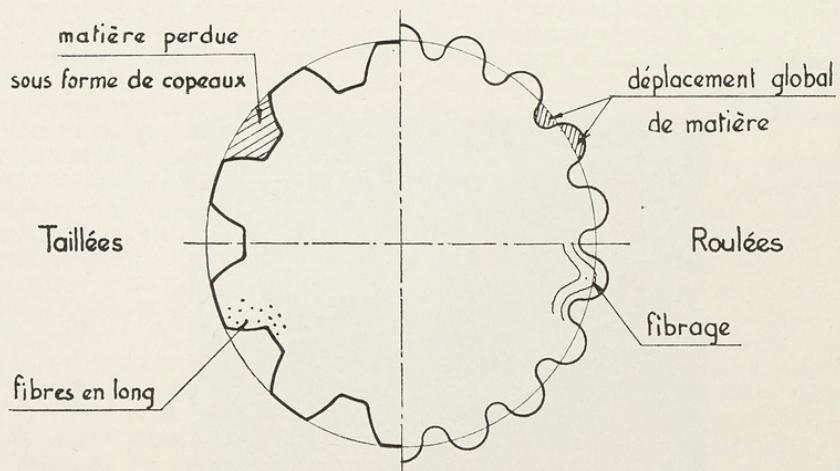


Fig.7 - SECTIONS DROITES DE CANNELURES  
A EGALITE DE DIAMETRE D'EBAUACHE.

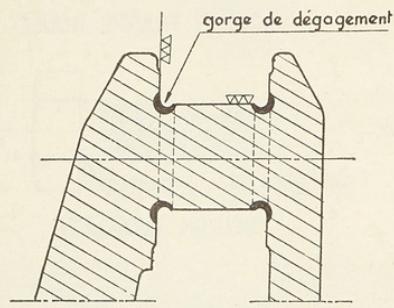


Fig. 8-SOIE DE MAN ETON DE VILEBREQUIN.

Profil à gorge de dégagement.

- : région écrouie en compression biaxiale.
- △△△ : surface rectifiée.

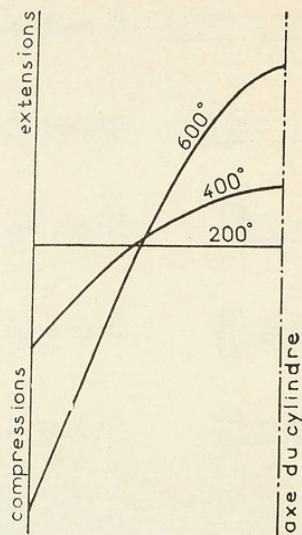


Fig. 9.

Trempe banale à l'eau — Influence de la température d'immersion sur les contraintes résiduelles longitudinales  $\sigma_z$  du cylindre - diamètre 30 mm acier dur. (A. Portevin).

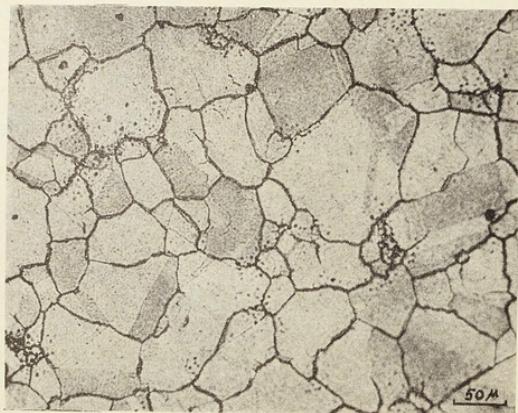


Fig. 10.

Mise en évidence de la structure gamma. Joints de grains et mâcles : Acier à 1.13 % C 1.4 % Cr austénisé 15 mn à 950° sous vide poussé, puis projection d'alliage Ni = 70 %, Cu = 30 % sans transformation au refroidissement.

Dans la seconde étape, le mouvement de refoulement axial se poursuit pendant que l'outil médian s'abaisse. Cette opération provoque ainsi le désaxage du maneton et la formation des deux bras. L'arbre manivelle est alors correctement fibré.

Le second exemple est relatif à la pignonnerie. Dans le procédé classique de taillage des pignons, l'orientation des fibres dans les encastrements de denture est toujours transversale; pour y remédier, il convient de former les dentures.

Dans le cas de pignons coniques tels que satellites et planétaires de différentiels de la figure 4, la technique rationnelle consiste à faire par matriçage une ébauche tronconique de révolution. Après décapage, l'ébauche est rechauffée rapidement par induction électromagnétique pour éviter la décarburation et réduire l'oxydation du fer sous forme d'une croûte de calamine, puis la pièce est formée à la presse avec une matrice dont la gravure reproduit la denture.

Le roulage s'applique aux pignons droits ainsi qu'aux couronnes coniques à taille

spirale Gleason, comme cela se pratique à l'usine Likhatchev de Moscou; la figure 5 donne un schéma de principe de ce dernier cas. La couronne est d'abord ébauchée par forgeage, recuite puis tournée. Les trous de fixation de boulons sont percés, de sorte qu'ils permettent le centrage de l'ébauche sur la machine. Un inducteur électromagnétique à 2 500 Hz chauffe rapidement les couches supérieures de l'ébauche, puis l'inducteur s'éclipse et la matrice dentée vient appuyer sur l'ébauche par le jeu de la presse hydraulique. Comme la matrice dentée et l'ébauche tournent à la même vitesse angulaire grâce aux engrenages, la denture de la matrice s'imprime dans la pièce en refoulant convenablement la matière. On obtient ainsi des couronnes spirales de camion sur lesquelles la seule opération de taillage finition n'enlève que 2 à 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur. Ce procédé se caractérise par les économies de matière et d'usinage, ainsi que par une amélioration notable de la qualité des pièces résultant d'un fibrage correct.

#### FORMAGE A FROID.

On peut aller plus loin dans cette voie du fibrage rationnel dans le formage à froid, puisque celui-ci assure un meilleur état de surface par absence totale d'oxydation et une meilleure précision de cotés. En outre l'écrouissage permet dans de nombreux cas de supprimer le traitement thermique. Nous allons en donner deux exemples.

La figure 6 se rapporte à la boulonnnerie frappée roulée; la fabrication se fait selon la gamme suivante :

1<sup>e</sup> rétreint d'une partie et refoulage de l'autre partie du fil machine, ce qui écrouit tout le corps;

2<sup>e</sup> frappe de la tête;

3<sup>e</sup> découpage des 6 pans;

4<sup>e</sup> roulage du filet.

Cette dernière opération donne un écrouissage important des couches périphériques, développe des contraintes résiduelles de compression à fond de filet, amène un renflement du diamètre extérieur, de telle sorte qu'en service la partie cylindrique de diamètre plus faible qui fait la jonction

entre la tête et la partie filetée forme gorge de dégagement, réduisant la concentration d'effort au fond du premier filet. L'amélioration de forme et de qualité permet d'utiliser ces boulons à l'état écroui, sans aucun traitement thermique.

L'autre exemple se rapporte aux arbres cannelés. L'ancienne et la nouvelle fabrication sont représentées côté à côté sur deux demi-coupes de la figure 7 à partir d'une même section initiale. Nous voyons à gauche que l'enlèvement de matière par usinage et l'orientation longitudinale des fibres rendaient particulièrement pernicieuse la concentration d'effort au fond des cannelures lorsqu'une sollicitation de torsion était exercée. Sur la demi-section de droite au contraire, le déplacement de matière conserve la surface de la section droite, accroît le diamètre extérieur, oriente convenablement les fibres et donne une forme plus arrondie, atténuant les concentrations d'effort. La tenue aux sollicitations de torsion est très améliorée.

## PRÉCONTRAINTE PAR ÉCROUSSAGE.

Considérons figure 8 une manivelle de vilebrequin; le point faible est constitué par les congés de raccordement entre le bras et le maneton. Il n'est pas possible de précontraindre ce congé par chauffage superficiel en raison de la grande masse du bras et de sa répartition dissymétrique par rapport à l'axe de révolution du maneton et du congé. On est donc conduit à l'écrouir et le précontraindre par martelage ou galetage. Comme cette opération s'accompagne d'un

léger refoulement de matière sur la soie et sur la joue, elle doit s'effectuer avant rectification, et pour que cette rectification ne vienne pas altérer la surface écrouie du congé, celle-ci doit être en retrait; d'où la forme en gorge de dégagement, que d'ailleurs l'élasticimétrie reconnaît la plus favorable et qui grâce à l'emploi d'outil coupant de forme est mieux exécutée que ne pouvait l'être un congé de raccordement obtenu à la main.

## PRÉCONTRAINTE PAR TREMPE BANALE.

Elle est ainsi désignée parce que le cycle thermique ne comporte aucune modification physicochimique. La figure 9 est empruntée au compte rendu à l'Académie des Sciences du Professeur A. Portevin en 1918. Si la température de chauffage avant trempe est suffisante, un cylindre trempé à l'eau présente des contraintes de compression dans les couches périphériques et des extensions à cœur.

Ce procédé est actuellement largement employé pour la boulonnerie trempée et revenue. Celle-ci au sortir du four de revenu continu est automatiquement trempée à l'eau froide. L'amélioration de ténacité des filets, qui résulte de cette précontrainte, a permis de remplacer l'acier nickel-chrome par un acier mi-dur au chrome avec un plein succès.

## ACIERS A GRAIN FIN.

Dans les traitements superficiels par induction la température de surface est très élevée; dans la cémentation le maintien en température est de longue durée; dans les deux cas il convient d'éviter la fragilité par surchauffe en s'opposant au grossissement du grain. Pour l'étudier il convient de pouvoir mettre en évidence le grain gamma qui existe à haute température. A cet effet un échantillon d'acier, préalablement poli spéculairement sur une face

plane, est sous vide très poussé au sténisé et chauffé à la température désirée, maintenu le temps au bout duquel on se propose de développer et de figer la structure. A cet effet, on projette et condense sur la surface la vapeur d'un alliage syncristallisant avec l'acier à la température considérée, mais ne présentant pas de transformation au refroidissement. Après refroidissement et sans attaque l'échantillon est examiné au microscope; nous obtenons ainsi la

figure 10. Comme l'équilibre capillaire a été atteint instantanément pendant la condensation, les joints de grains apparaissent très nettement sous forme de sillons profonds; de plus nous voyons toutes les mâcles.

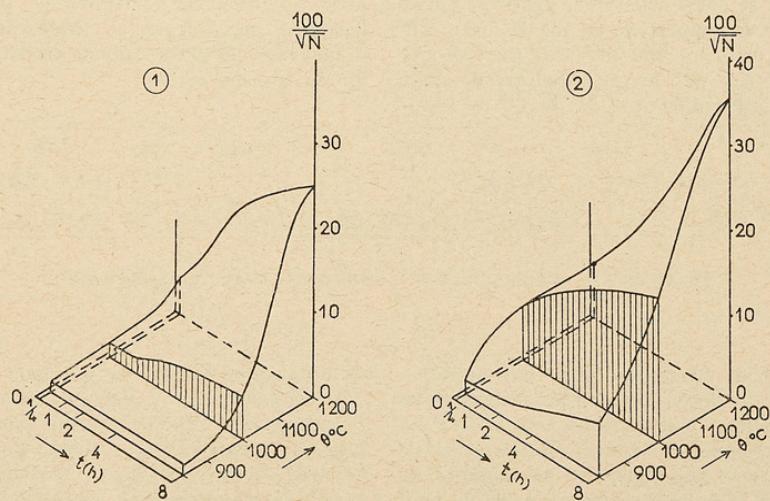


fig. 11. Grain gamma des aciers.

acier mi-dur : C=0.40 Mn=0.60 Si=0.45 S=0.025 P=0.015% élaboré et coulé sous vide poussé avec ① ou sans ② addition avant la coulée  
N = nombre moyen de grains par  $\text{mm}^2$  de section

On voit que le nitride d'aluminium précipité entrave le grossissement de grain

Grâce à cette technique nous pouvons étudier le grossissement de grain par voie isotherme. La figure 11 donne la grosseur

de grain exprimée par  $\frac{100}{\sqrt{N}}$  où N est le nombre moyen de grains par millimètre carré de

section,  $\theta$  la température d'austénisation et  $t$  le temps de maintien. Le diagramme (2) se rapporte à un acier élaboré et coulé sous vide; le diagramme (1) se rapporte à un acier analogue, mais dans lequel a été faite une très faible addition d'azote et d'aluminium, de telle sorte qu'il contient 0,032 p. 100 de nitride d'aluminium NAL. On voit que celui-ci a constitué une entrave efficace au grossissement de grain.

La figure 12 donne la grosseur de grain en fonction de la température pour un maintien isotherme de 15 minutes. La courbe marquée « néant » se rapporte à l'acier élaboré et coulé sous vide. Les trois autres courbes se rapportent au même acier contenant 0,032 p. 100 de NAL. On voit que pour l'acier pur le grossissement de grain se produit rapidement dès la fin de trans-

formation à l'échauffement, alors que pour l'acier contenant du nitride d'aluminium le grossissement ne se produit qu'aux températures les plus élevées, par suite de la mise en solution progressive du nitride d'aluminium. En effet, si l'acier est porté à 1 300° pour dissoudre tout le nitride d'aluminium, trempé et revenu à 700° un temps très long pour précipiter finement le nitride, l'entrave au grossissement de grain gamma est maximale. Si au contraire, après chauffage à 1 300° le refroidissement est suffisamment lent jusqu'à 950° pour provoquer la coalescence du nitride qui précipite, celui-ci ne constitue plus de barrière; on voit qu'au réchauffage de l'échantillon le grain gamma grossit dès la fin de transformation.

#### TRAITEMENTS SUPERFICIELS PAR INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

Ces traitements ont pour but non seulement de durcir les couches superficielles par trempe martensitique, mais surtout d'y développer des contraintes de compression élevées. La figure 13 se rapporte au cas d'un cylindre d'acier; la courbe du haut donne la dureté en fonction de la distance à la surface et la courbe du bas la contrainte principale longitudinale résiduelle (égale en surface à la contrainte circonférentielle). Nous voyons que le substratum est le siège de contraintes d'extension (d'ailleurs triaxiales) dont la nocivité doit être atténuée. On y parvient de deux manières :

a) l'amplitude de ces extensions est diminuée si le chauffage en dessous du point de transformation est effectué en profondeur;

b) la fragilité propre de l'acier est diminuée si celui-ci est à basse teneur en carbone.

La figure 14 se rapporte à une fusée avant de voiture 4 CV où ces deux processus sont employés conjointement. Le point faible est le rayon de raccordement entre le corps

cylindrique et le plateau qui joue le rôle d'encastrement. Ce congé est donc durci et précontraint superficiellement par chauffage par induction et trempe. La figure de droite donne une coupe médiane attaquée à l'acide nitrique où la coloration noire caractérise la zone trempée et en compression. L'amélioration de l'endurance de la pièce est telle que deux décisions ont été prises :

1<sup>o</sup> cette pièce a pu sans aucune modification de cotes être adoptée pour la dauphine, où les efforts sont notamment plus élevés;

2<sup>o</sup> l'acier nickel-chrome employé autrefois pour le traitement homogène a été remplacé par un acier à bas carbone chrome-manganèse ( $C = 0,18$ ,  $Cr = 1$ ,  $Mn = 1,2$  p. 100) avec un plein succès et une économie.

Il existe d'autres cas où l'acier est choisi à faible trempabilité pour corriger les imperfections du chauffage; nous allons en donner deux exemples relatifs l'un aux arbres de roues, l'autre aux pignons.

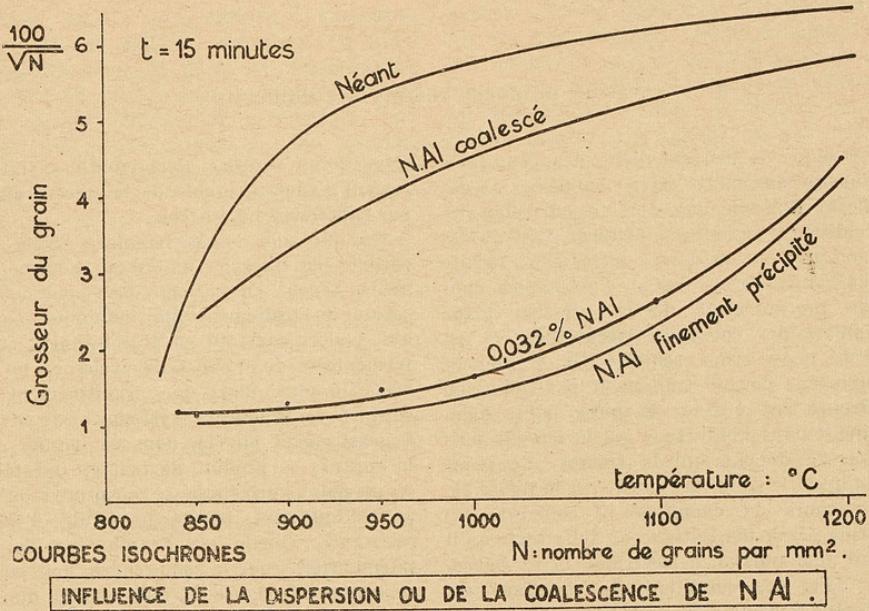
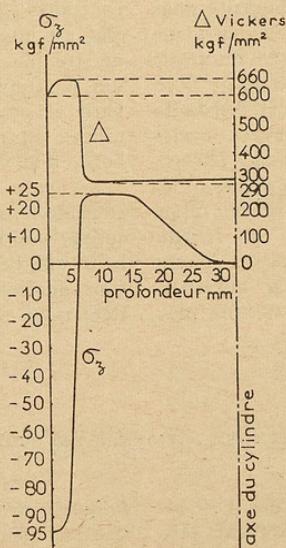


Fig. 12.



Repartition de la dureté et de la contrainte longitudinale dans un cylindre de 64mm. de diam., 100mm. de haut en acier mi-dur nickel-chrome C=0.35 Ni=1.5 Cr=1 Mn=0.8 chauffé par induction - fréquence 380000 Hz - puissance 30 kw - durée 104 sec., puis trempé à l'eau.

Fig. 13.

## ARBRES DE ROUES TRAITÉS PAR INDUCTION.

Ces pièces peuvent dans des conditions d'usage anormales être soumises à des efforts d'inertie par torsion et, selon les conditions, ces efforts peuvent être dirigés dans un sens ou dans l'autre. Il en résulte que l'amélioration doit être recherchée dans une précontrainte de compression plane biaxiale des couches superficielles. A cet effet, nous avons remplacé le traitement homogène par un traitement par induction effectué en continu; la pièce défile axialement dans l'inducteur qui la chauffe puis dans la douche qui la trempe. Le point faible est le congé (1) visible sur la figure 15. Au cours du chauffage la collerette (2) forme écran magnétique de telle sorte qu'il faut une puissance électrique assez élevée, et dans ces conditions le chauffage est effectué à cœur et l'épaisseur austénisée est profonde.

Pour mettre au point ce traitement, nous avons procédé à des essais de fatigue au laboratoire et par raison de simplicité nous avons procédé à des essais de flexion plane où les effets des traitements sont de même sens que pour la torsion alternée. Nous avons opéré à amplitude d'effort constante et nous avons noté le nombre de cycles provoquant la rupture. Comme témoin, nous avons pris l'ancienne fabrication où le traitement de trempe et revenu était homogène et la température de revenu choisie pour correspondre au maximum d'endurance. Le traitement par induction donne un nombre de cycles 40 fois plus

élevé avant rupture. Ceci montre manifestement l'effet favorable de la précontrainte par traitement hétérogène.

Ensuite nous avons remplacé l'acier au chrome par un acier mi-dur au carbone de même teneur en carbone et sans modification du traitement par induction. Nous avons alors constaté un accroissement supplémentaire du nombre de cycles de 50 p. 100. De plus, alors que primitivement la rupture se produisait systématiquement à l'encastrement en (1), dans ce dernier cas la rupture se produit de manière aléatoire en un point quelconque ce qui prouve qu'on a pratiquement réalisé le solide d'égale résistance. Quelle est l'explication de ce phénomène? Pour le comprendre, nous nous reportons à la figure 16, qui donne la dureté en fonction de la distance à la surface. Pour l'acier au chrome, nous voyons que l'épaisseur durcie correspond à l'épaisseur austénisée. Pour l'acier au carbone au contraire, elle est beaucoup moins profonde, elle est limitée par la faible pénétration de trempe de l'acier. Comme l'intensité des contraintes résiduelles de compression varie en sens inverse de l'épaisseur durcie, celle-ci est plus élevée pour l'acier au carbone, d'où sa meilleure endurance.

On voit que l'amélioration de qualité coïncide ici avec le remplacement de l'acier spécial par un simple acier au carbone de sorte que l'économie porte à la fois sur les frais de traitement et sur le prix de matière.

## TRAITEMENT RATIONNEL DES PIGNONS.

Quel est le traitement rationnel d'un pignon? Les flancs de dents doivent être trempés et durs pour résister à l'usure; il est bon qu'ils soient le siège de contraintes de compression qui accroissent cette dureté. Les efforts de compression répétés qui s'exercent sur ces faces peuvent par

fatigue y développer des piqûres ou écaillages que l'on peut éviter par une mise en compression. Si des contraintes de compression sont développées sur les flancs, il est nécessaire pour l'équilibre interne de celles-ci que le cœur des dents ne soit pas trempé. Le risque de rupture de dent par efforts de

flexion répétée se manifeste à l'encastrement MPQN (fig. 17). Aux points de courbure maximale M et N la concentration d'effort en service peut entraîner un petit glissement, déformation permanente préjudiciable au bon fonctionnement. De plus, aux points P et Q à une très faible profondeur sous les points M et N, les contraintes développées en service sont des extensions triaxiales capables d'être à l'origine de critiques de décohésion par fatigue. Pour remédier à cet état de faiblesse, les points MNPQ doivent être le siège de contraintes de compression biaxiales. Cette région doit donc être trempée martensitique, sans que les couches profondes le soient. En conclusion, la zone trempée doit suivre le profil de denture en présentant une épaisseur aussi régulière que possible.

Que se passe-t-il dans le chauffage par induction électromagnétique? Si la fré-

quence est assez basse pour que l'épaisseur des courants de peau DF de la figure 18 soit grande vis-à-vis de la moitié de la largeur de dent RS, la densité de courant est forte dans les fonds de denture et les encastrements, alors qu'elle est très faible vers le sommet des dents. Il n'est pas possible de durcir et de précontraindre les flancs de dents. Si inversement la fréquence est suffisamment élevée pour que l'épaisseur e des courants de peau de la figure 19 soit petite vis-à-vis de la largeur RS des dents, les lignes de courant et par suite la chaleur dégagée par effet Joule suivent bien le profil de denture. Si nous remarquons qu'aux fonds de denture le flux de chaleur est divergent alors qu'aux sommets il est convergent, il n'est pas possible que la couche austénisée suive le profil de denture.

#### ACIER A TRÈS FAIBLE PÉNÉTRATION DE TREMPE.

Deux solutions ont été apportées à ce problème du traitement rationnel des pignons; l'une d'elles est due à K. Z. Chepeiliakovski, est appliquée aux Usines Likhatchev de Moscou et consiste dans les quatre précautions suivantes :

- a) la fréquence est intermédiaire entre les cas extrêmes ci-dessus;
- b) le chauffage est prolongé de manière à intéresser de façon homogène toute la masse de la dent et de la périphérie de la jante;
- c) l'acier employé est à très faible pénétration de trempe;
- d) la trempe vive à l'eau froide doit être très énergique.

Dans ces conditions c'est la pénétration de trempe de l'acier, et non le mode de chauffage, qui définit l'épaisseur durcie. Comme la pénétration de trempe des aciers au carbone courants est trop forte, celle-ci doit être réduite; malgré tout, comme on est limité dans cette voie, le procédé ne convient que pour les pignons à grande largeur de dent de tracteurs ou de gros camions.

Pour réduire la trempabilité de l'acier, il convient :

- a) d'éviter avec le plus grand soin les éléments tels que Cr, Ni, Mo, etc... dans le lit de fusion.
- b) d'abaisser considérablement la teneur en manganèse;
- c) d'ajouter aluminium et éventuellement azote pour que l'acier soit à grain fin;
- d) de créer des germes de transformation perlitique par une très petite addition d'un des éléments Ti, Zr, V;
- e) comme en l'absence de manganèse le métal risquerait d'être rouverain c'est-à-dire inforgeable, il convient d'éliminer le soufre avec le plus grand soin, ce qui est facilement réalisable dans le cas d'acières élaborés au four électrique, sur sole basique, et affinés avec une scorie carburée très calcaire, qui assure à la fois une bonne désoxydation et une complète désulfuration. Il convient d'ailleurs de remarquer que, dans le cas présent, la faible addition de titane a un effet très favorable sur la forgeabilité.

La figure 20 compare les essais de trempabilité en bout Jominy-Charpy effectués d'une part sur un acier au carbone classique, d'autre part sur un acier que nous avons élaboré dans les conditions précédentes. Nous voyons que la diminution de trempabilité est importante malgré une

teneur en carbone plus élevée, car, comme dans ce procédé les contraintes sont correctement développées, on peut sans risque de tapure ou de fragilité recourir à des aciers très carburés ayant par exemple 0,6 p. 100 de carbone.

#### TRAITEMENTS A DEUX FRÉQUENCES.

Une autre solution au traitement superficiel des pignons, française celle-ci, a l'avantage de convenir quelle que soit la dimension des dents. Elle nécessite l'emploi d'un générateur de courant à commutation instantanée de fréquence, construit par la STEL sous licence d'un brevet Renault. Le chauffage se fait en deux étapes successives dans le même inducteur et sans déplacement du pignon :

1<sup>re</sup> étape : préchauffe en très basse fréquence des fonds de denture, des encastrements et de la partie périphérique de la jante sans chauffer les sommets de denture.

2<sup>e</sup> étape : sans délai on applique la très haute fréquence, avec forte puissance et pendant un temps très court, suivi de trempe vive à l'eau froide.

De la sorte la diffusion de chaleur est réduite au minimum, la zone austénisée et trempée suit le profil de denture, comme le montre le pignon de la figure 21. Le traitement en haute fréquence 800 000 Hz peut être fait avec une puissance allant jusqu'à 5 Kw/cm<sup>2</sup> de surface chauffée et pendant une durée de 2/10 de seconde. On voit que ce procédé peut s'appliquer correctement aux pignons de boîte de vitesses des petites voitures de tourisme.

#### CÉMENTATION AU CARBONE.

A) *Cémentation gazeuse*. — La composition gazeuse est choisie pour amener la réactivité chimique à la valeur la plus appropriée, compte-tenu de la composition de l'acier, de la température de réaction et de la loi de répartition du carbone recherchée en profondeur; elle s'écarte donc des conditions d'équilibre d'une manière convenable.

B) *Température*. — Elle est choisie assez modérée pour conserver le grain fin, pour réduire l'anisothermie et les déformations de trempe et enfin pour assurer une bonne conservation au matériel de traitement.

C) *Durée*. — Elle est définie en fonction de la profondeur à durcir, sachant que, toutes choses égales d'ailleurs, celle-ci croît comme la racine carrée du temps.

D) *Trempe directe*. — Comme l'acier est conservé à grain fin, la trempe est effectuée directement après cémentation, sans refroidissement ni réchauffage intermédiaire,

E) *Développement de l'état de précontrainte*. — Ceci exige que la trempe soit effectuée en deux étapes successives :

1<sup>o</sup> d'abord transformation isotherme homogène du cœur sans déformation et amenant celui-ci à un état suffisamment résilient et tenace;

2<sup>o</sup> ensuite seulement la couche cémentée restée austénitique dans la première étape est soumise à la transformation martensitique avec augmentation de dureté et de volume spécifique. Comme cette couche cémentée est astreinte à rester en cohésion avec le substratum, sa variation dilatometrique n'est pas libre; elle se met donc en compression biaxiale et, en raison de l'équilibre interne, la masse du cœur subit une très légère contrainte d'extension triaxiale.

La figure 22 montre comment ce réglage est effectué dans le cas de l'acier chrome manganèse de cémentation, en partant

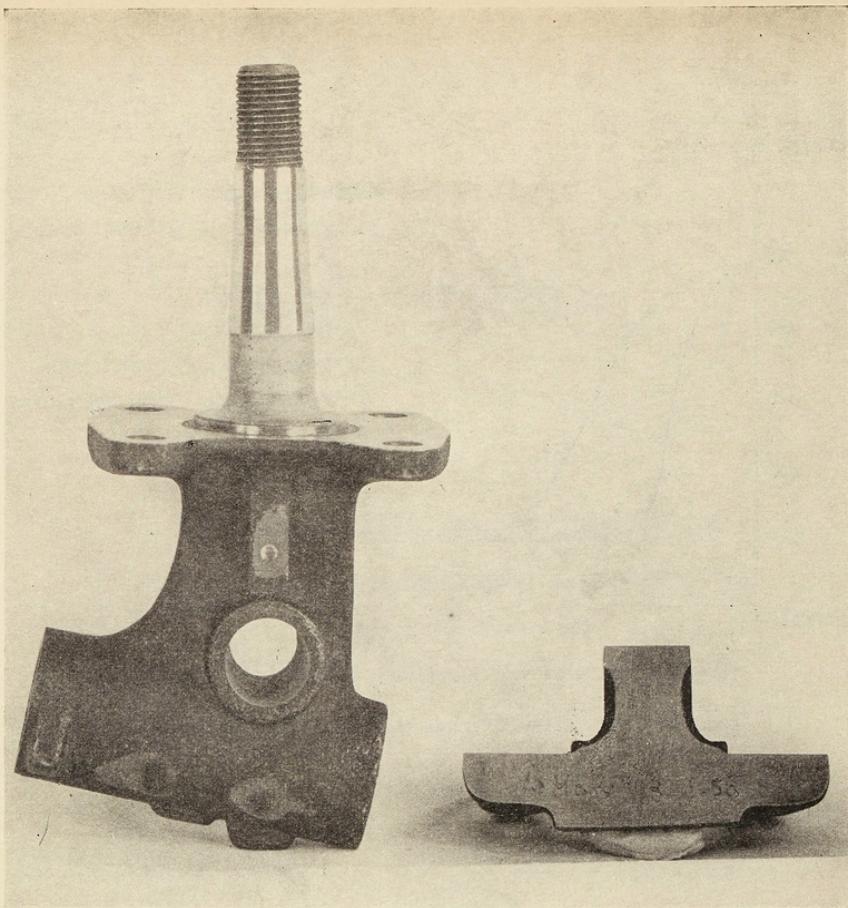


Fig. 14. — Fusée avant 4 CV. Dauphine : Durcissement et précontrainte du congé de raccordement par induction haute fréquence et trempe (coupe attaquée à l'acide nitrique).

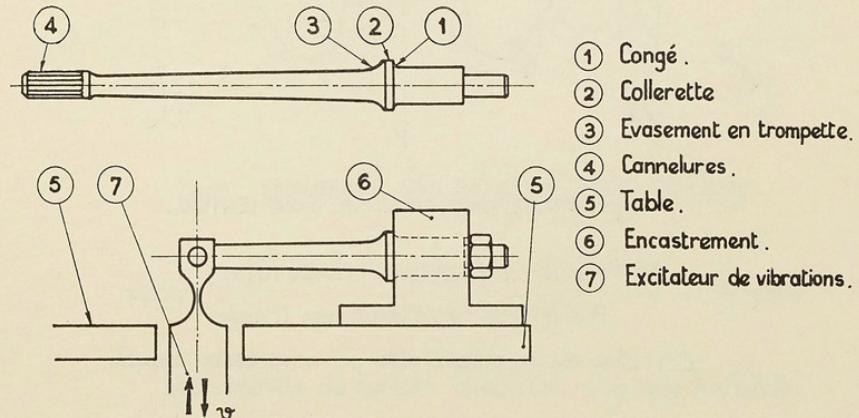
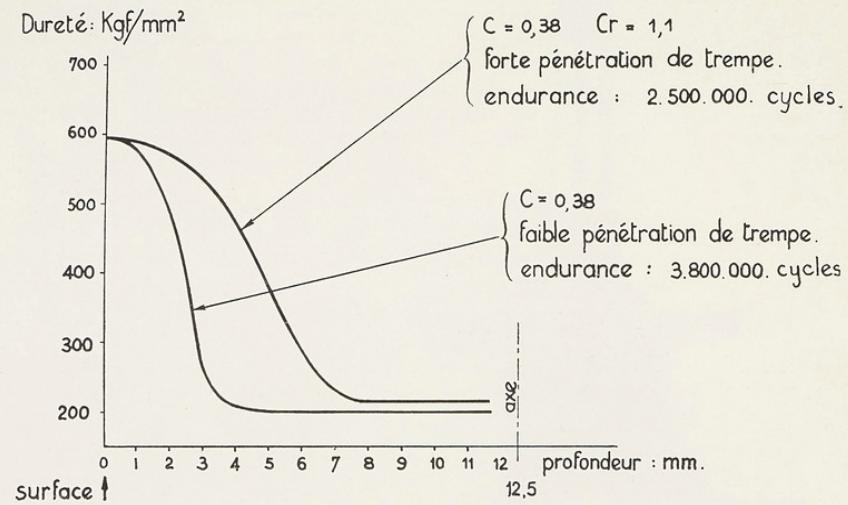


Fig.15. ARBRE DE ROUE ET MONTAGE D'ESSAI D'ENDURANCE

PAR FLEXION PLANE DE L'ARBRE COUPÉ.



#### ARBRES TRAITES PAR INDUCTION.

Endurance en flexion alternée sous  $\sigma = 46 \pm 37 \text{ Kgf/mm}^2$ .

Fig. 16.

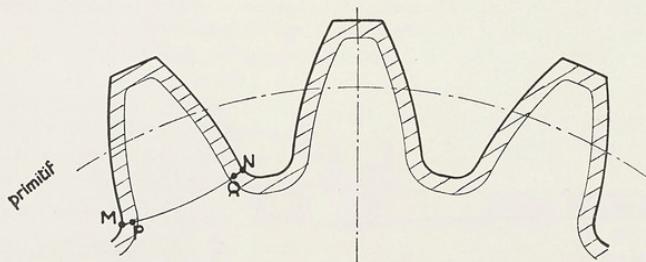


fig.17. TRAITEMENT RATIONNEL D'UNE DENTURE.

M et N : concentration maximale d'effort.  
P et Q : contraintes d'extension triaxiales.  
■ : zone durcie précontrainte par compression biaxiale.

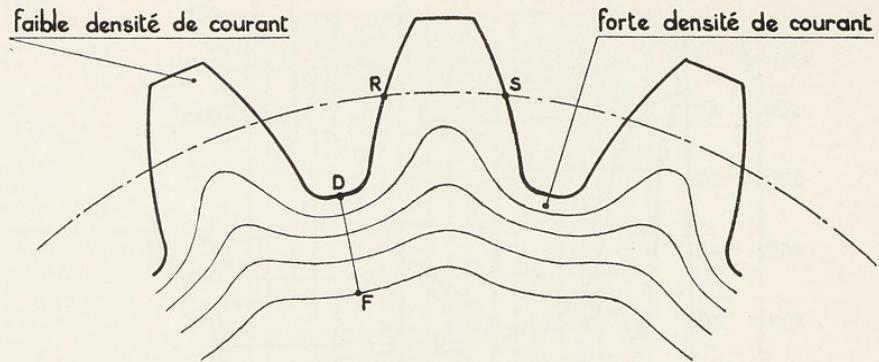


Fig.18 - CHAUFFAGE PAR INDUCTION D'UNE DENTURE.

$$\text{rapport : } \frac{\text{épaisseur de courant de peau DF}}{\text{épaisseur de dent RS}} > \frac{1}{2}$$

Les fonds de dents chauffent plus que les sommets.

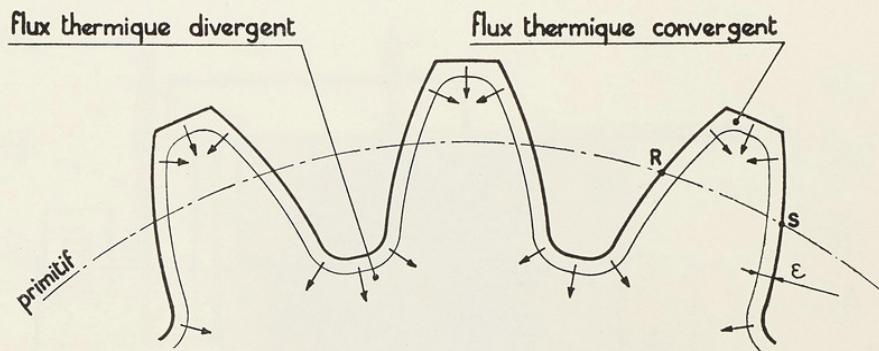


Fig.19 - CHAUFFAGE PAR INDUCTION D'UNE DENTURE.

$$\text{rapport : } \frac{\text{épaisseur de courant de peau}}{\text{épaisseur de dent RS}} : \text{très petit.}$$

Les sommets de denture chauffent plus que les fonds.

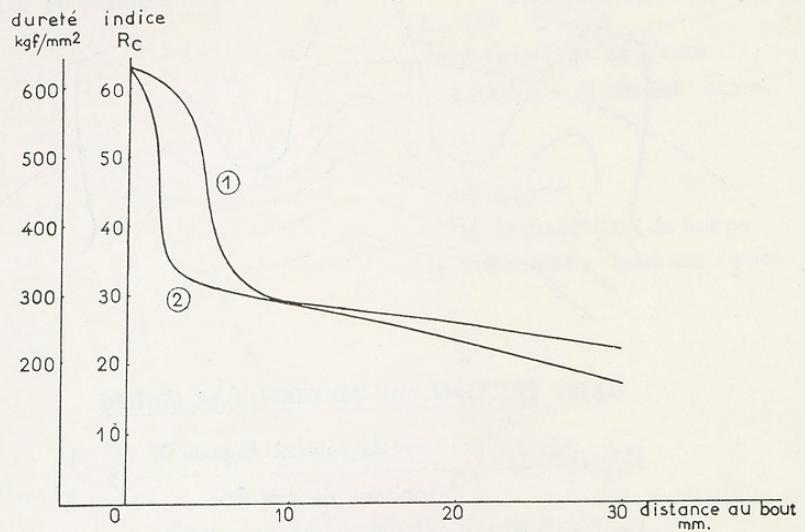


fig.20\_Trempe en bout Jominy  
aciérs mi-durs austénisés à 850°  
On voit la diminution de pénétration de trempe par abaissement de Mn, présence de Ti et Al.  
① : C = 0.51 Mn = 0.77 Si = 0.40 S = 0.02 P = 0.030 Ni = 0.08 Cr = 0.03  
② : C = 0.60 Mn = 0.02 Si = 0.08 S = 0.02 P = 0.016 Ti = 0.05 Al = 0.07

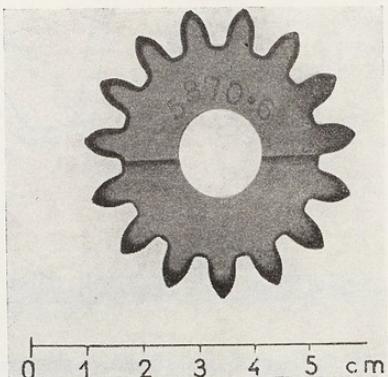
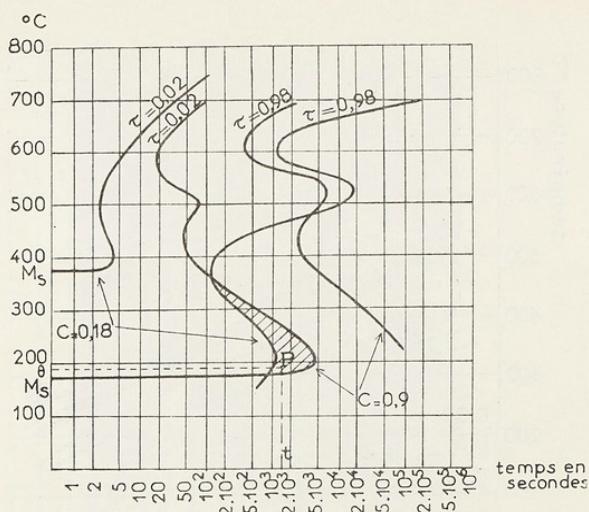


Fig. 21.  
Petit pignon traité superficiellement par induction électromagnétique à commutation instantanée de fréquence.



COURBES DE DÉCOMPOSITION ISOTHERME COMPARÉES  
austénisation  $850^{\circ}$  15 mn.

- a)  $C=0,18$   $Cr=1$   $Mn=1$  acier de cémentation simulant
- b)  $C=0,9$   $Cr=1$   $Mn=1$  la couche superficielle cémentée

Pour une pièce cémentée trempee de manière étagée  $\theta, t$ , le point figuratif P montre que la transformation isotherme du cœur en bainite inférieure est pratiquement achevée, alors la couche superficielle à  $0,9^{\circ}C$  est encore austénitique et susceptible de trempe martensitique

Fig. 22.

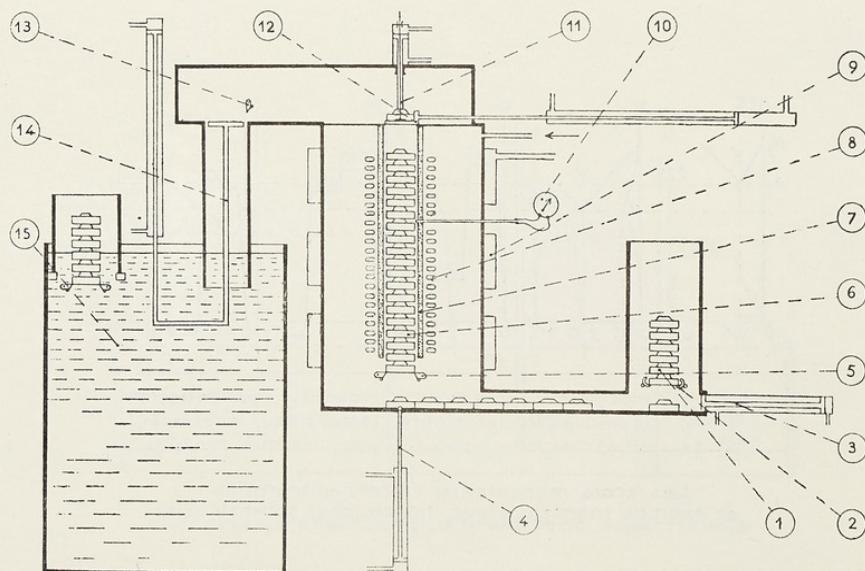
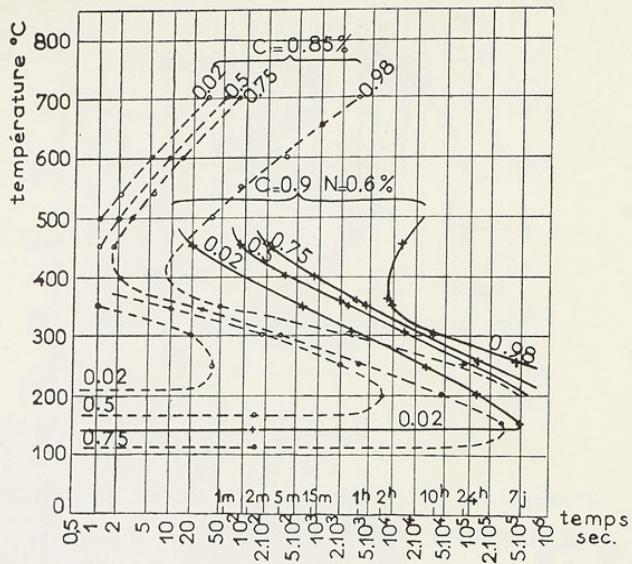
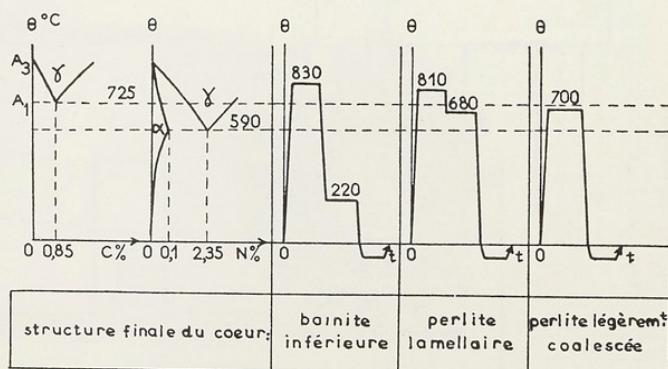


FIG.23. MACHINE DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE, CÉMENTATION GAZEUSE ET TREMPE.  
par A.D.Assonov, K.Z.Chepeliakovsky et P.A.Lankine



Courbes d'égal taux de décomposition isotherme de l'austénite

Fig. 24.



Les trois mécanismes de carbonitruration et trempe martensitique des couches superficielles

Fig. 25.

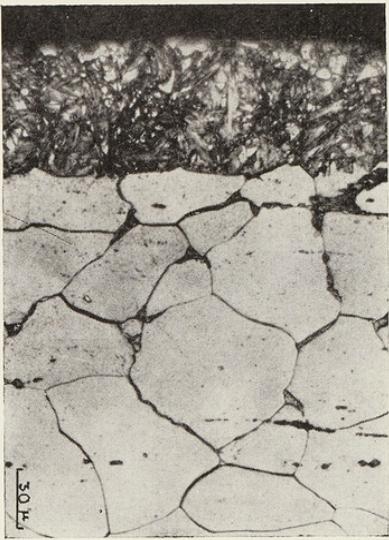
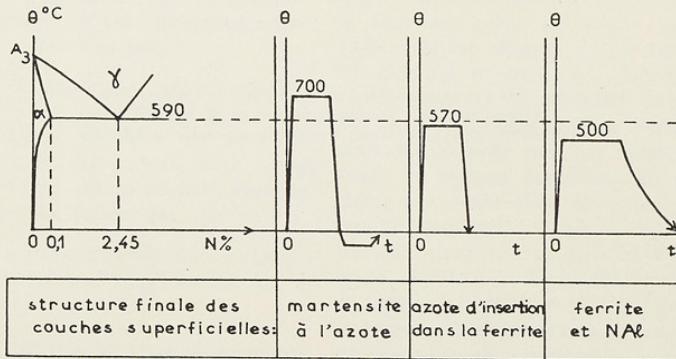


Fig. 26.  
Acier extra-doux carbonitruré à 700°, 6 h, trempé eau et traité au froid.



Les trois mécanismes de nitruration superficielle

Fig. 27.



Fig. 28.

Acier extra-doux avec nitration d'insertion alpha (en surface N = 0,08 %)  
trempé et fatigué  $6,5 \cdot 10^6$  cycles sous  $\pm 45 \text{ kgf/mm}^2$ ;  
structure ferritique pure identique entre la couche nitrurée et le cœur.

des courbes d'égal taux de décomposition isotherme de l'austénite. Voici comment ces courbes sont obtenues : un échantillon est austénisé puis trempé à 500° par exemple et maintenu à cette température. On enregistre en fonction du temps, par évolution du ferromagnétisme dans le cas présent, la variation du taux de décomposition de l'austénite. Opérant de même à diverses températures, on joint les points de même taux de transformation. Nous avons sur le diagramme porté seulement les courbes de début ( $\tau = 0,02$ ) et de fin ( $\tau = 0,98$ ) de décomposition isotherme de l'acier de cémentation à 0,18 p. 100 de carbone. Pour simuler la couche cémentée nous avons également porté les courbes de début et de fin de décomposition isotherme d'un acier à 0,9 p. 100 de carbone.

On voit qu'il existe un domaine hachuré sur la figure pour lequel l'acier à 0,18 p. 100 de carbone est complètement transformé, alors que l'acier à 0,9 p. 100 de carbone est encore purement austénitique. Il suffit donc que la pièce cémentée soit trempée à la température  $\theta$  et reste immergée dans le bain de trempe le temps  $t$  pour que le cœur de la pièce subisse la transformation isotherme homogène en bainite inférieure tenace et peu fragile, alors que les couches périphériques carburées de la pièce restent austénitiques. La pièce est alors sortie du bain de trempe et refroidie à l'air en subissant la transformation martensitique avec durcissement.

F) *Froid.* — Comme la transformation martensitique n'est pas achevée à la température ambiante, la pièce est refroidie en-dessous, à une température assez basse pour que l'austénite résiduelle soit abaissée à une valeur aussi faible que désirée.

G) *Revenu.* — Par suite de la précontrainte, la martensite n'est pas fragile et il n'y a pas de revenu.

H) *Acier.* — Grâce à ces perfectionnements et à l'indépendance des réglages, la composition de l'acier est choisie à volonté; aussi, par raison d'économie, les aciers au nickel-chrome d'autrefois sont maintenant remplacés avec un plein succès par des aciers chrome-manganèse à bas carbone, élaborés avec traces de nitrule d'aluminium.

I) *Équipement moderne.* — Avant de quitter la cémentation au carbone, il vaut la peine de montrer la forme la plus moderne du matériel de traitement, tel que l'ont réalisé A. D. Assonov, K. Z. Chepeliakovski et P. A. Lankin à l'usine Likhatchev de Moscou. L'idée directrice est de recourir à un matériel restant froid pour être robuste et susceptible d'être installé dans les chaînes d'usinage. De ce fait aussi une installation trapue, peu encombrante est préférable. De plus, la chambre de traitement étant froide, le gaz ne se décompose que par réaction sur les pièces et sa consommation est réduite. On peut alors profiter du fait que l'acier est élaboré à grain fin pour remonter la température de cémentation et réduire la durée d'opération. Pour réunir toutes ces conditions, les pignons cylindriques traités dans une machine sont d'un seul type, empilés en colonne cylindrique et chauffés par induction.

La figure 23 donne une coupe schématique d'une telle installation. Les pièces à traiter sont empilées en 1; des échappements à ancre 2 permettent de laisser tomber la pièce inférieure. La pousseuse 3 déplace toute la rangée inférieure de pièces de telle sorte que celle de gauche vienne dans l'axe vertical de l'appareil de traitement. Le vérin 4 la soulève, la met en contact avec la pile en cours de traitement, soulève toute la pile; puis revenant en arrière la pile avec la nouvelle pièce introduite par dessous repose sur les cliquets 5. La pile de pièces est chauffée à cœur par l'inducteur 8. La température est donnée par le pyromètre 10. Le gaz, qui rentre par la flèche dans la chambre refroidie par une chemise d'eau 9, réagit au contact des pièces. La pièce supérieure convenablement cémentée est extraite par le dispositif 11 qui agrippe le pignon par son alésage. Une pousseuse horizontale reçoit la pièce et la pousse sur le plateau de trempe à la partie supérieure de la tige 14; le rochet 13 permet le retour en arrière de la pousseuse en abandonnant la pièce sur le plateau. Grâce au vérin vertical le plateau s'affale dans la bâche de trempe 15; par une rotation autour de son axe de 90° la pièce se présente sous la pile de gauche. Après le temps voulu d'immersion, le dispositif se relève venant disposer la pièce trempée sous la pile de gauche, où elle se refroidit et s'égoutte.

## LES TROIS MÉCANISMES DE CARBONITRURATION.

Le carbone est choisi dans la cémentation de l'acier en tant qu'élément d'insertion; comme l'azote jouit de la même propriété, il joue un rôle tout à fait parallèle dans la carbonitruration et la nitration. Son mode d'action agit cependant par l'un des deux mécanismes suivants, essentiellement distincts, d'où sont issus les trois procédés de la figure 25.

A) *Vitesse de décomposition de l'austénite.* — En nous reportant à la figure 24, nous trouvons sur un même diagramme : a) en trait pointillé les courbes d'égal taux de décomposition isotherme de l'austénite d'un acier à 0,85 p. 100 de carbone, et b) en trait continu les courbes relatives à un acier différent du précédent par une addition supplémentaire de 0,6 p. 100 d'azote. Si, par exemple, nous considérons la décomposition isotherme de l'austénite à 250°, il suffit de 30 secondes pour le début de décomposition de l'acier au carbone, alors que la durée d'incubation sans transformation visible atteint près de 10 heures pour l'acier contenant de l'azote. On voit que l'azote a un effet retardateur considérable sur la transformation isotherme de l'austénite. (Notons en passant que le point  $M_s$  où la transformation martensitique s'amorce est corrélativement abaissé de 220° à 140 °C). On voit donc que l'azote permet une bonne différenciation entre les traitements du cœur et de la surface; on peut grâce à lui recourir à des aciers moyennement chargés en carbone, ce qui occasionne une économie sur les éléments d'alliages (Ni, Mo, Cr) tout en conservant l'absence de déformation de trempe et la ténacité à cœur.

Ce mode de carbonitruration avec trempe bainitique du cœur est schématisé selon le cycle temps-température de gauche sur la figure 25. Le traitement subseqüent en-dessous de la température ambiante est, plus encore que dans la cémentation par le carbone seul, nécessaire pour achever la transformation.

B) *Température de transformation eutectoïdique.* — Cette température de trans-

formation d'équilibre, qui est à 725° dans le diagramme fer carbone, est abaissée à 590° dans le diagramme fer-azote, comme porté sur la figure 25. Une autre particularité est la solubilité beaucoup plus élevée de l'azote dans la ferrite  $\alpha$ . Notons en outre que, dans le diagramme ternaire fer-carbone-azote, cette température eutectoïdique de 590° se conserve dans un large domaine de teneurs en carbone et en azote.

Il existe trois processus de carbonitruration, puisque, outre celui que nous venons d'exposer qui fait appel à des considérations de cinétique, il en existe deux nouveaux ne prenant en considération que la modification de la transformation d'équilibre dans l'échelle des températures.

Le premier, appliqué généralement à des aciers mi-durs au carbone, consiste à carbonitrurer à 810°, l'acier étant purement austénitique à cette température, puis, ceci fait, la pièce est refroidie à une température intermédiaire entre les deux températures eutectoïdiques, à 680° par exemple, où le cœur de la pièce qui est exempt d'azote subit la transformation en perlite lamellaire de manière homogène et isotherme donc sans déformation (fig. 25). Pendant ce temps la couche carbonitrurée est restée inchangée. Ceci fait, la pièce est trempée et la couche superficielle restée austénitique subit la trempe martensitique avec durcissement et précontrainte superficiels.

Dans le second procédé, figurant à droite sur la figure 25, la pièce est portée à une température intermédiaire, 700° par exemple, de telle sorte que le cœur ne subit aucune transformation de phase; tout au plus se produit-il une légère coalescence de la cémentite. A cette température, si l'activité nitrurante est suffisamment élevée, l'azote se fixe par insertion dans la ferrite et diffuse sans que le carbone ne réagisse. Quand la concentration d'azote atteint la saturation, l'austénite apparaît et se développe (celle-ci prend d'ailleurs naissance à partir des joints de grains dans la ferrite et à partir des îlots de perlite dans les aciers au carbone mi-durs recuits). A partir du moment où l'austénite apparaît

en surface, le carbone se fixe et diffuse dans l'austénite conjointement à l'azote. Une fois que la couche austénitique superficielle a atteint le développement désiré, la pièce est trempée. Le cœur reste inchangé, mais la couche superficielle d'austénite se décompose en martensite et cette transformation est poursuivie en dessous de la température ambiante. Comme l'austénite a été formée

à température modérée, son grain est très fin et il en est de même de celui de la martensite, qui lui est morphologiquement lié. La dureté atteint facilement 900 à 1 000 kgf/mm<sup>2</sup> Vickers. La micrographie de la figure 26 se rapporte à une pièce en acier extra-doux carbonitrurée 6 heures à 700°, trempée puis traitée au froid.

#### LES TROIS MÉCANISMES DE NITRURATION.

A) *Martensite à l'azote.* — Il est évident que, dans ce dernier procédé que nous venons d'examiner, le carbone joue un rôle secondaire et il est possible de s'en passer; on obtient ainsi le premier procédé de nitruration dont le cycle temps-température est porté à gauche sur la figure 27. En l'absence de carbone, on est ainsi conduit à une martensite à l'azote.

B) *Nitrure d'aluminium ou de chrome.* — Un second procédé, le plus anciennement connu et porté à droite sur la même figure, nécessite que l'acier contienne une teneur convenable en aluminium ou en chrome. La nitruration est effectuée par l'ammoniac à une température de l'ordre de 500° et pendant une durée de l'ordre d'une centaine d'heures, ensuite la pièce est refroidie lentement. L'azote qui, à 500° réagit en surface diffuse par insertion dans la ferrite jusqu'à ce qu'il rencontre un atome de substitution Al ou Cr; il s'y combine énergiquement en donnant une molécule de nitrure NaI ou NCr et la perturbation ainsi créée dans le réseau cristallin est fixe; comme en outre le volume spécifique augmente, il y a durcissement et précontrainte de compression superficiels au cours même de la nitruration.

C) *Nitruration d'insertion alpha.* — Le troisième procédé, le plus récent et le plus curieux, est représenté par le cycle thermique du milieu de la figure 27; il s'applique particulièrement bien à l'acier extra doux. La nitruration est conduite à une température, par exemple 570°, très peu en dessous de celle de l'eutectoïde, de telle

sorte que la solution d'insertion de l'azote dans la ferrite soit maximale. L'atmosphère d'ammoniac est très diluée (par N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub>) pour que la réaction soit très douce et ne donne pas de nitrure libre. Après nitruration d'insertion la pièce est trempée pour conserver la structure inchangée donc en sursaturation à la température ambiante. Alors que la limite d'endurance en flexion rotative de l'acier extra-doux est de 23 kgf/mm<sup>2</sup> (sur éprouvette Moore de 6,5 mm de diamètre utile), après nitruration d'insertion alpha pour une teneur de 0,08 p. 100 d'azote, la limite d'endurance est de 42,5 kgf/mm<sup>2</sup>, soit un relèvement de 85 p. 100. Ce résultat est acquis que l'éprouvette ait ou non subi un traitement de vieillissement. La micrographie de la figure 28 montre que ni le traitement, ni la sollicitation de flexion rotative n'ont modifié la structure micrographique qui reste la même en surface et à cœur : structure de ferrite avec quelques flots de perlite. Pourtant la figure 29 montre que la nitruration entraîne un léger relèvement de dureté (qui d'ailleurs résulte de l'écrouissage provoqué par le pénétrateur) et que la sollicitation d'endurance s'est accompagnée d'un relèvement très net de la dureté. Il y a donc eu modification au cours de la sollicitation d'endurance; tout se passe comme si elle s'était accompagnée de la formation de zones Guinier Preston. De même sur acier au carbone mi-dur, trempé et revenu pour R = 80 kgf/mm<sup>2</sup> de rupture à la traction, la nitruration d'insertion alpha fait remonter la limite d'endurance de 43,5 à 62,5 kgf/mm<sup>2</sup> ce qui est une valeur très élevée.

MOULAGE<sup>S</sup>

L'industrie automobile utilise beaucoup les moulages parce que l'obtention de pièces directement en forme évite les frais de transformation ou d'usinage et ne comporte pas de perte de matière; enfin, les moulages sont exempts de fibrage.

## FER FRITTE.

Aussi réalise-t-on avec de la poudre de fer moulée puis frittée des pièces de forme compliquée, devant être à des côtes précises et présenter un bel état de surface, à condition toutefois que ces pièces soient peu chargées en service, car la porosité

résiduelle conduit à des propriétés mécaniques médiocres. Ainsi on fabrique des moyeux de synchronisation et des pignons fous de pompe à huile comme le montre la figure 30. Ils sont montés bruts de fritage, sans aucun usinage.

## COULÉE A CIRE PERDUE.

De même la coulée à cire perdue, qui a été rendue industrielle par le développement des machines à injection de plastiques pour faire les modèles, est employée dans la fabrication de grande série de petites pièces de forme compliquée, pour lesquelles on demande des cotes précises et une fine micrométrie de surface. Ces pièces sont

susceptibles de traitements thermiques, tel le culbuteur de la figure 31. Ce procédé est particulièrement adapté aux aciers réfractaires, inoxydables et tenaces à chaud; aussi voyons-nous sur la même figure des sièges d'échappement et d'admission, ainsi qu'une soupape d'échappement en étude.

## FONTE GRISE.

L'industrie automobile fait un large emploi de la fonte grise; à cet effet, la composition et le mode de coulée doivent être définis en fonction des propriétés recherchées.

Considérons par exemple le bloc moteur de la figure 32, c'est une pièce de grosse masse, de forme compliquée, avec des usinages nombreux réalisés d'ailleurs sur machine transfert. On prend donc une fonte de cubilot, à bonne coulabilité, on effectue la coulée dans des moules en sable vert, le moulage est facile à usiner.

Considérons au contraire sur la même figure une chemise amovible; c'est une

pièce de petite masse, nécessitant peu d'usinage mais pour laquelle une grande résistance à l'usure est exigée. On prend une fonte dure Cr = 0,5, P = 0,6, Mn = 1 p. 100. En raison de sa forme de révolution la chemise est coulée centrifuge et, pour accroître la dureté, elle est coulée en coquille métallique.

On voit que dans le cas présent ce n'est pas une question de rénovation de moteur usagé, mais bien un problème de spécialisation de chaque fonte aux propriétés demandées à chaque moulage qui justifie l'emploi de chemises rapportées.

VILEBREQUINS COULÉS.

La figure 33 montre qu'un des intérêts du vilebrequin coulé est de faire venir les contrepoids de fonderie, sans la complication de pièces rapportées tout en assurant un bon équilibrage. Un autre avantage est l'absence de fibres risquant d'être coupées par l'usinage des manetons.

Alors que pendant longtemps on a eu

recours à des aciers sauvages, pour des raisons de productivité, de moulage automatique en croûte, de cotes plus précises permettant de réduire l'importance des usinages et enfin pour une meilleure usinabilité, on voit se développer l'emploi de la fonte à graphite sphéroïdal dont nous donnons une micrographie figure 35.

FONTE MALLÉABLE PERLITIQUE.

L'industrie automobile a toujours fait un large usage de la fonte malléable, fonte coulée blanche, c'est-à-dire où le carbone est combiné au fer sous forme de carbure de fer ou cémentite, fonte à bonne coulabilité, mais donnant des moules fragiles à l'état brut de coulée. C'est pourquoi ces moules sont soumis à un recuit à haute température où la cémentite disparaît en faisant place à des nodules de graphite; après refroidissement lent, la pièce est malléable.

Depuis quelque temps, on voit se développer l'usage de la fonte malléable perlitique, où après recuit le refroidissement lent est arrêté au-dessus du point de transformation et suivi d'un refroidissement rapide à l'air. Comme la teneur en manganèse a été portée de 0,4 à 0,9 p. 100, la matrice devient perlitique (micrographie de la figure 34). Cette fonte est plus tenace et résiste mieux à l'usure que celle à matrice ferritique.

FONTE A GRAPHITE DIFFUS DE RECUIT.

Mais le plus gros progrès apporté à la fonte malléable provient du réglage convenable de la germination dans la fonte blanche avant recuit. A cet effet, le moulage en fonte blanche subit le triple traitement suivant :

1<sup>o</sup> réchauffage pour austénisation et trempe étagée à l'huile chaude à 180° pour éviter les tapures, suivie de refroidissement à l'air calme donnant une matrice martensitique. Pour cela on améliore généralement la trempabilité de la fonte par le relèvement du manganèse (1 p. 100) et une addition de cuivre (1,3 p. 100).

2<sup>o</sup> revenu de la martensite où le fer alpha retrouve sa structure cubique centrée et où le carbone est rejeté sous forme de car-

bure hexagonal  $\epsilon$ . Ce revenu est poussé à 450° pendant 4 heures pour que le carbure instable donne naissance par épitaxie à des germes de graphite. A cet effet, il convient que ce carbure ne soit pas stabilisé par de l'azote. C'est pourquoi l'azote a été fixé à la coulée par une très petite addition d'aluminium (0,05 p. 100).

3<sup>o</sup> Ensuite le moulage est soumis au recuit de graphitisation à haute température; mais en raison de la finesse de répartition du graphite, la vitesse de graphitisation est au moins 20 fois plus rapide à égalité de température de recuit.

Alors que la fonte malléable contient 30 à 300 gros nodules de graphite par millimètre carré de section, la fonte à gra-

phite diffus de recuit contient 3 000 à 30 000 grains de graphite par millimètre carré de section, grains fins et régulièrement répartis comme le montre la micrographie de la figure 36. Pour mieux se rendre compte nous donnons comparativement et au même grossissement, figures 34, 35 et 36, les micrographies respectivement d'une fonte malléable perlitique à gros nodules de graphite, d'une fonte à graphite sphéroïdal où les sphérolites ont pris naissance, les unes à la coulée, les autres au recuit, elles sont auréolées de ferrite et le fond est perlitique, enfin d'une fonte à graphite diffus à matrice perlitique extrêmement fine. Pour mieux nous rendre compte de la structure du graphite, cette micrographie est reprise à plus fort grossissement et sans attaque figure 37. On voit qu'il s'agit de petits cristaux lamellaires isolés ou groupés par deux ou trois.

Comme la germination et la croissance sont des phénomènes indépendants, nous pouvons à volonté orienter la croissance sous forme rayonnante en sphérolites comme le montrent les micrographies de la figure 38 en lumière naturelle et de la figure 39 en lumière polarisée où nous voyons les croix de Malte caractéristiques du graphite sphéroïdal.

La propriété la plus remarquable de la fonte à graphite de recuit est sans conteste son endurance particulièrement élevée aux efforts alternés. L'expérience montre que,

toutes choses égales par ailleurs, l'endurance croît avec la finesse de répartition du graphite. Ceci s'interprète par le fait que les lignes de force contournent les grains de graphite. Plus les grains sont fins et rapprochés, plus le gradient de contrainte est élevé. Plus le gradient de contrainte est élevé, plus la répartition des contraintes évolue au cours des cycles répétés pour tendre vers la répartition uniforme. C'est ce qui explique que l'endurance atteigne couramment 36 kgf/mm<sup>2</sup> dans les fontes perlítiques à graphite diffus de recuit.

Si on remarque que pour un acier mi-dur nickel-chrome laminé, traité pour la même dureté, la limite d'endurance transversale n'est que de 32 kgf/mm<sup>2</sup>, on comprend que la ténacité en service des moulings en fonte à graphite diffus soit égale à celle des pièces d'acier matricé, tout en présentant sur ces dernières l'avantage d'un plus bas prix de revient.

Signalons en outre que tous les procédés de précontrainte superficielle (cémentation au carbone excepté et pour cause) améliorent notablement ces moulings.

La figure 40 montre en haut à l'état brut, en bas après usinage, des boîtiers de mécanisme différentiel en fonte à graphite diffus. La figure 41 montre, toujours aux deux états, des culbuteurs, des fourchettes de boîtes de vitesses, des chapeaux de bielles et des bielles en étude.

#### MÉTHODE D'ÉTUDE D'UNE PIÈCE.

Cet exposé nous montre que dans l'étude d'une pièce le point de départ est toujours le dessin et la fonction à remplir. Le premier travail du laboratoire est de procéder à l'analyse des contraintes, le plus généralement par photo-élasticimétrie tridimensionnelle. Ayant préparé un moule en plâtre de la partie à étudier de la pièce, par exemple une manivelle de vilebrequin, mais à échelle réduite, on coule de l'araldite dans le moule. Après démolage, usinage et recuit de relaxation des contraintes, le modèle est placé sur un montage pour le mettre en charge. Dans le cas de la figure 42 relative à une

flexion statique, la pièce repose sur deux appuis simples par un maneton et un palier de ligne d'arbre et elle est chargée en flexion par un poids appuyant de manière uniformément répartie sur le maneton intermédiaire. L'ensemble est placé dans une étuve, porté très lentement à 120°, maintenu 4 heures à cette température, puis refroidi très lentement toujours pour éviter toute anisothermie. Après refroidissement complet, la pièce est déchargée, mais les contraintes ont été figées dans la maquette en araldite. Celle-ci est alors découpée en lames planes à faces parallèles dans des

plans judicieusement choisis pour l'étude de la biréfringence sur banc photo-élastique.

La figure 43 en haut à gauche montre la lame mince prélevée dans le plan médian de la maquette. On voit que celle-là est en quatre morceaux, ce qui montre bien la nécessité de passer par la maquette tridimensionnelle. L'analyse des contraintes sur cette lame montre qu'en l'absence du trou dans l'axe de la ligne d'arbre, le point faible est le congé M dans ce plan médian. Par contre, quand ce trou existe, le point M est soulagé parce que la charge se trouve reportée de part et d'autre de cette section médiane. Il est alors utile d'étudier la lame mince découpée de part et d'autre du plan aa; cette coupe montre toujours (fig. 43) que le point faible reste encore sur le congé, mais de part et d'autre de la section médiane en R ou S, selon que le trou a une section pseudo-elliptique ou en ailes de papillon. Le diagramme de la figure 43 donne, pour chacune des trois formes, la répartition des contraintes sur l'arc de cercle du congé. Cet exemple met bien en évidence la nécessité d'une analyse tridimensionnelle puisque le point faible est en dehors du plan médian de flexion. C'est ainsi que la forme peut être améliorée, mais l'étude n'est pour autant pas terminée.

Il convient en effet de tenir compte du matériau réel; vaut-il mieux un acier plus tenace ou moins fragile? Comment connaître les effets des modifications locales éventuelles de structure et de l'évolution dans la répartition des contraintes qui se produisent au cours de la sollicitation d'endurance pendant l'usage de la pièce? Pour le savoir, il convient de compléter les essais élasticitimétriques par des essais d'endurance, effectués sur maquettes à échelle réduite et dans le matériau même qu'on se propose d'utiliser plus tard, comme le montre la figure 44. En raison du plus grand gradient de contrainte, ces phénomènes d'évolution sont accentués et le bénéfice qui, en pratique, peut résulter d'une meilleure forme de pièce sera en réalité intermédiaire entre celui donné par l'élasticitimétrie et celui résultant des essais d'endurance sur maquette à échelle réduite.

Ayant ainsi fait le choix du meilleur tracé et de la nuance d'acier, on peut à frais réduits préciser le taux de travail limite d'endurance sur lequel on peut compter par essais d'endurance sur élément de pièce grande nature, comme le montre la figure 45 où la machine d'essai est beaucoup plus puissante que celle de la figure 44.

#### CONCLUSION.

Ces exemples montrent qu'on ne peut pas considérer le métal isolément avec sa composition chimique, un traitement homogène et des propriétés intrinsèques. Nous avons toujours à considérer des pièces avec leur forme et leurs conditions de travail. Ceci définit toutes les opérations : choix de l'acier, modes d'élaboration, de transformation et de traitement. On arrive ainsi le plus souvent à une pièce volontairement hétérogène et le plus souvent précontrainte, où les états des couches superficielles ont un rôle prépondérant. En outre, il convient de tenir compte des évolutions qui se produisent en service.

Tous ces progrès qui sont l'aboutissement de recherches scientifiques fondamentales et appliquées permettent de substituer

aux aciers spéciaux fortement alliés d'autrefois, des aciers au carbone où le rôle des oligo-éléments Mn, Ti, Al, N, etc... est convenablement réglé, de sorte que tous ces progrès concilient l'abaissement du prix de revient et l'amélioration de la qualité.

Ces progrès ont été rendus possibles par la haute précision et la grande régularité de travail de l'outillage perfectionné de production de grande série.

A une époque où nous voyons à travers le monde se développer de grandes concentrations industrielles verticales, celles-ci sont source de progrès technique dans la mesure où l'unité est assurée sur le plan des recherches scientifiques, puisque nous venons de montrer que tout est lié, de la conception

du bureau d'étude à la destruction de la pièce aux essais d'endurance de la voiture en passant par tous les intermédiaires de la fabrication.

Remarquons que, dans le passé, le progrès des propriétés mécaniques des matériaux était lié à l'obtention de structures micrographiques appropriées, alors que, tout récemment, nous trouvons des améliorations énormes par des modifications sub-microscopiques à l'échelle des défauts cristallographiques, comme c'est le cas pour

l'azote d'insertion. Remarquons d'autre part qu'à l'échelle synoptique de la pièce, l'effet du gradient de contrainte sur l'adaptation aux efforts alternés ne s'explique par aucune théorie élastique ou rhéologique actuelle. Nous pensons que des recherches expérimentales fondamentales qui associeraient physique des métaux et rhéologie pourraient apporter des connaissances nouvelles, d'où nous espérons déduire un relèvement considérable de l'endurance des métaux.

C'est sur cette espérance que je termine.

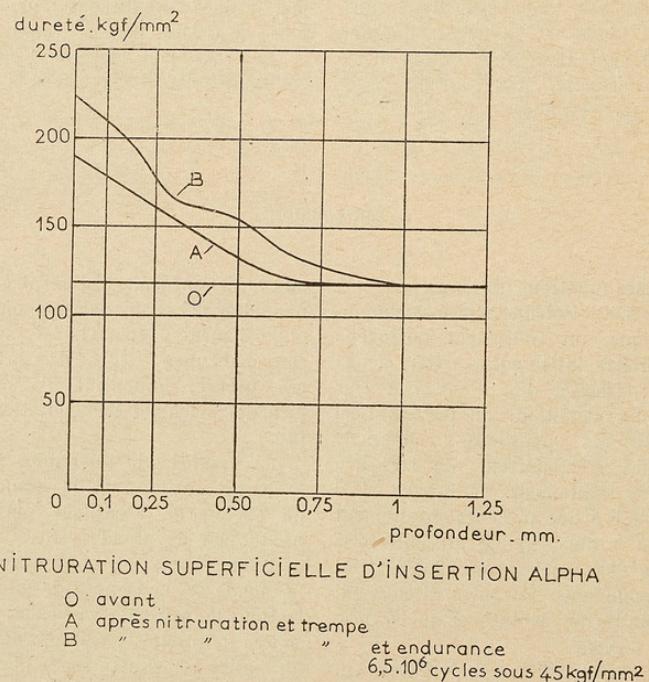


Fig. 29.

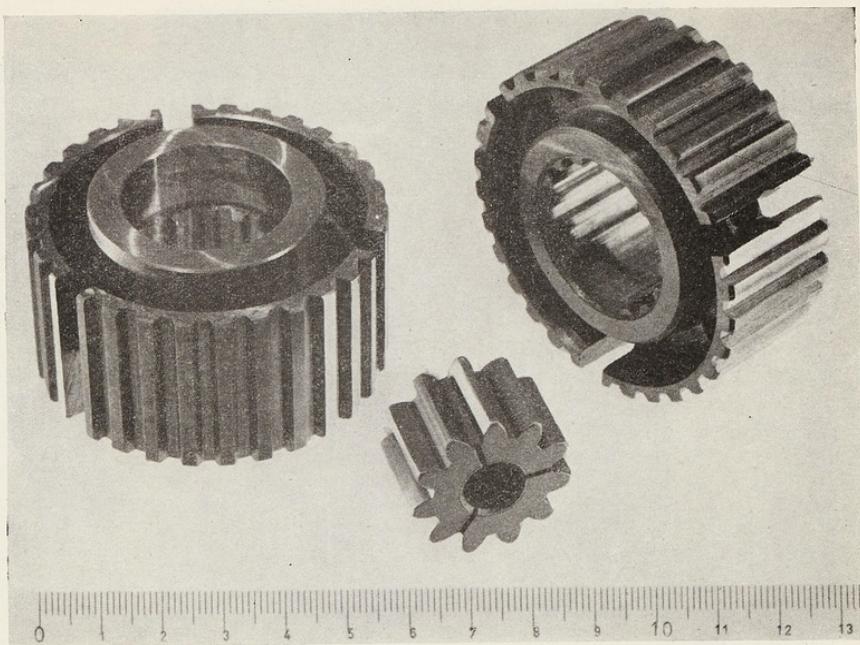


Fig. 30. — Exemples de pièces en fer fritté : moyeux de synchronisation et pignon fou de pompe à huile.

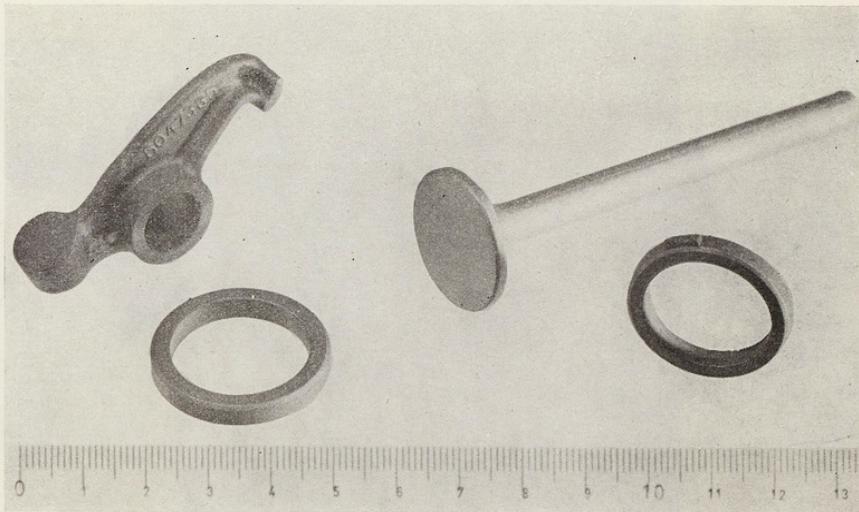


Fig. 31. — Exemples de pièces d'acier obtenues par coulée de précision à cire perdue : culbuteur; soupape; siège d'échappement; siège d'admission.

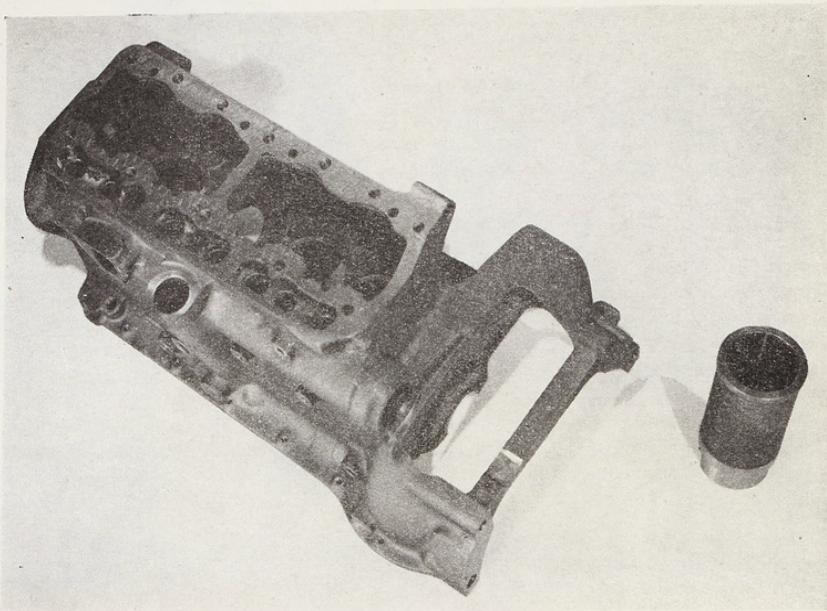


Fig. 32.  
Bloc moteur Dauphine et chemise rapportée.

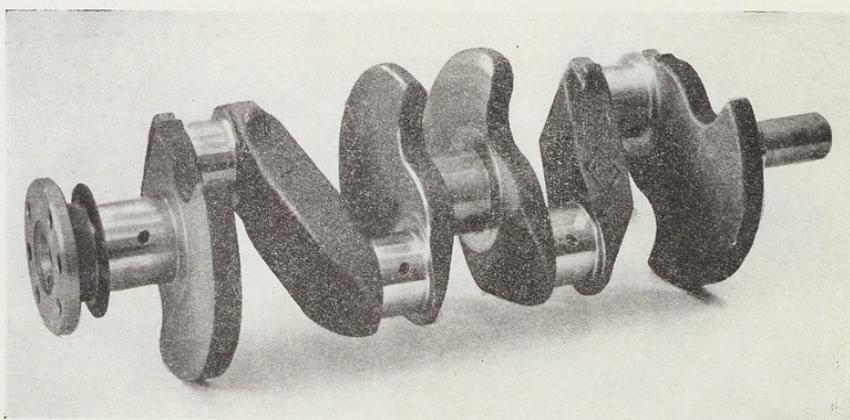


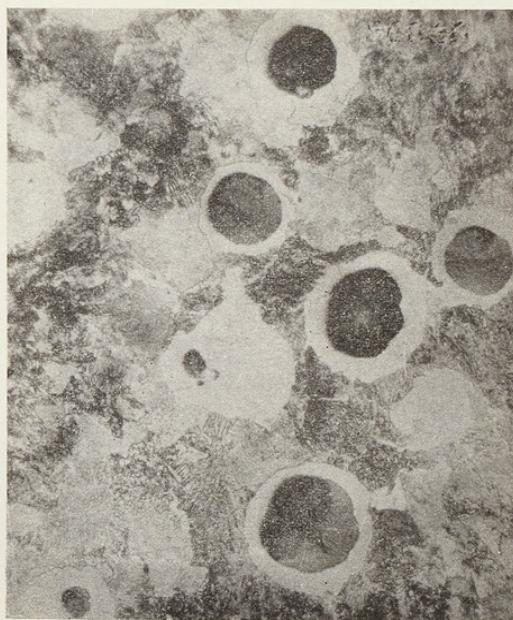
Fig. 33.  
Vilebrequin coulé de moteur Dauphine.



× 250

attaque nital 3 %

Fig. 34. — Malléable à gros nodules de graphite sur matrice perlitique.



× 250

attaque nital 3 %

Fig. 35. — Fonte à graphite sphéroïdal.  
Sphérules formées les unes à la coulée, les autres au recuit.  
Auréoles de ferrite et matrice perlitique.



× 250

attaque nital 3 %

Fig. 36. — Fonte à graphite diffus de recuit; matrice perlitique.



Fig. 37. — Fonte à graphite diffus de recuit sans attaque;  
graphite lamellaire monocristallin.



Fig. 38. — Fonte à graphite diffus de recuit sans attaque;  
graphite sphéroïdal. Lumière naturelle.



Fig. 39. — Fonte à graphite diffus de recuit sans attaque;  
graphite sphéroïdal. Lumière polarisée.

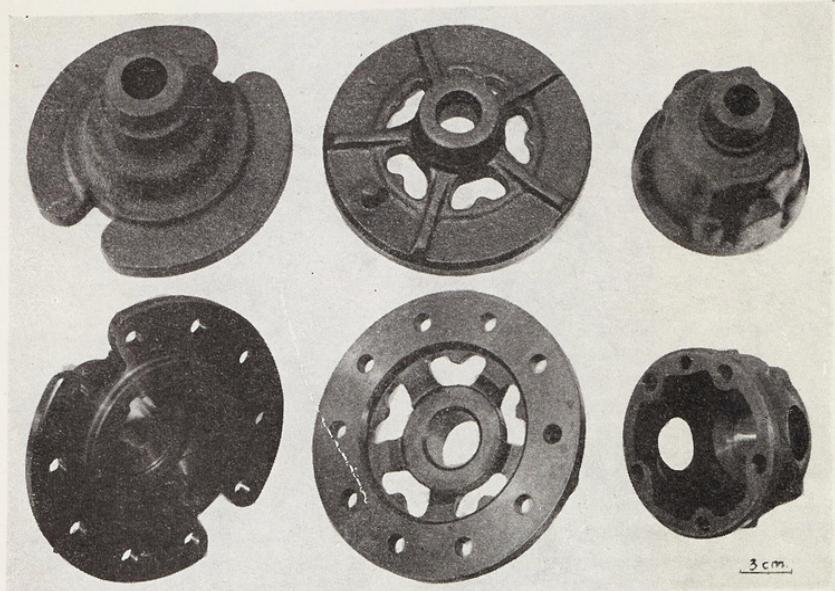


Fig. 40. — Exemples de pièces en fonte à graphite diffus de recuit, brutes de coulée et usinées : Boîtiers de différentiels.

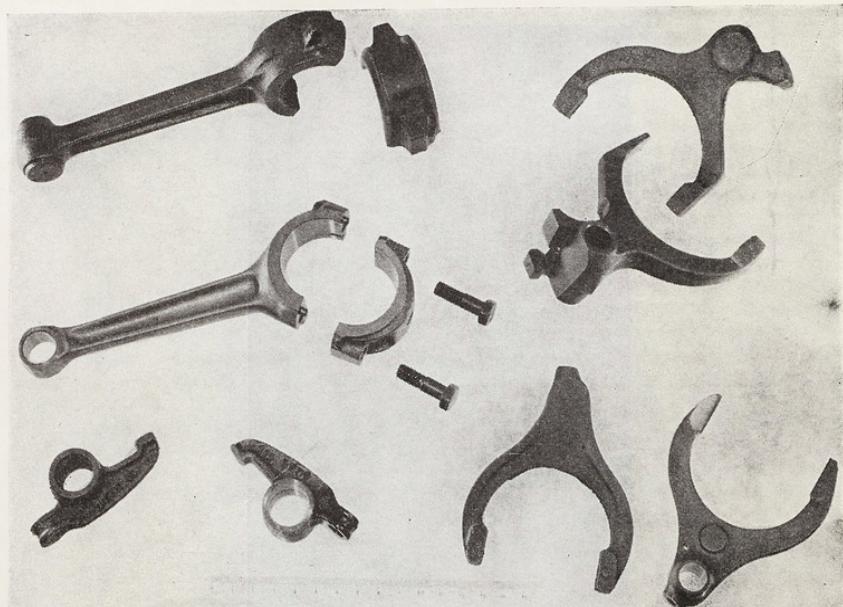


Fig. 41. — Exemples de pièces en fonte à graphite diffus de recuit, brutes de coulée et usinées : Bielles; chapeaux de bielles (boulons exclus); fourchettes; culbuteurs.

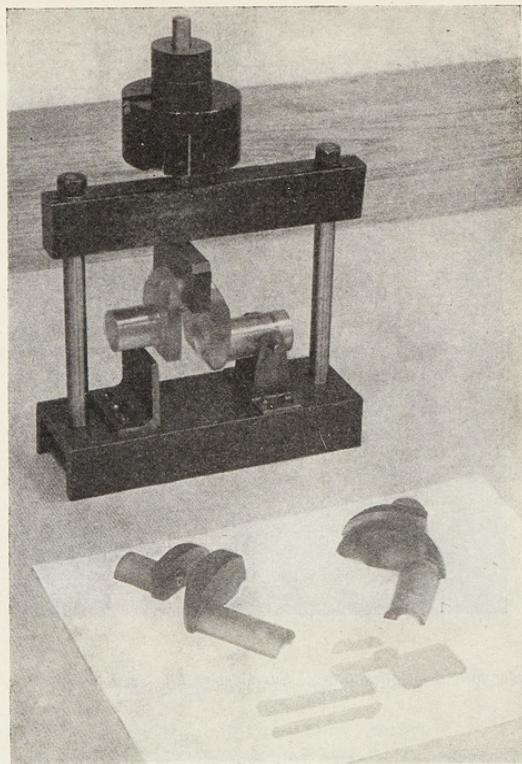


Fig. 42.

Analyse des contraintes par la méthode de figeage : modèle en araldite; montage de mise en charge; lame mince découpée dans le plan médian.

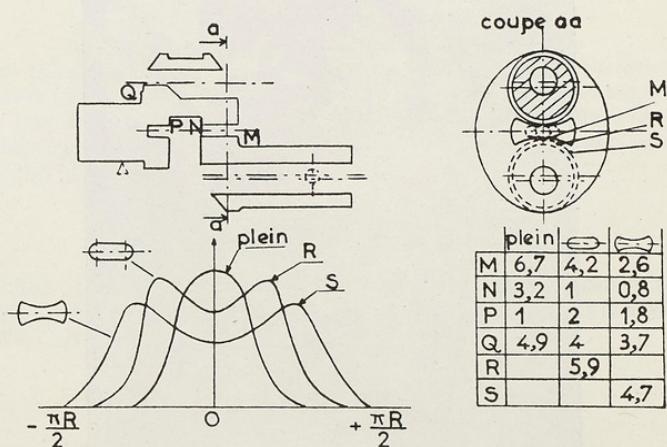


FIG. 43. ANALYSE DES CONTRAINTES.

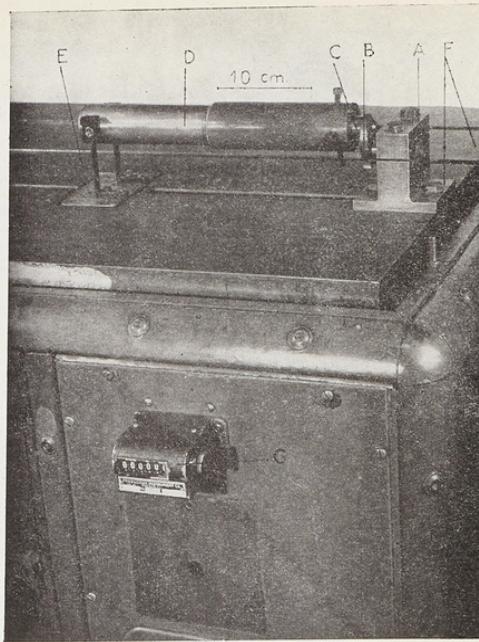


Fig. 44.  
Essai d'endurance par flexion plane sur machine à balourd; maquette en acier.

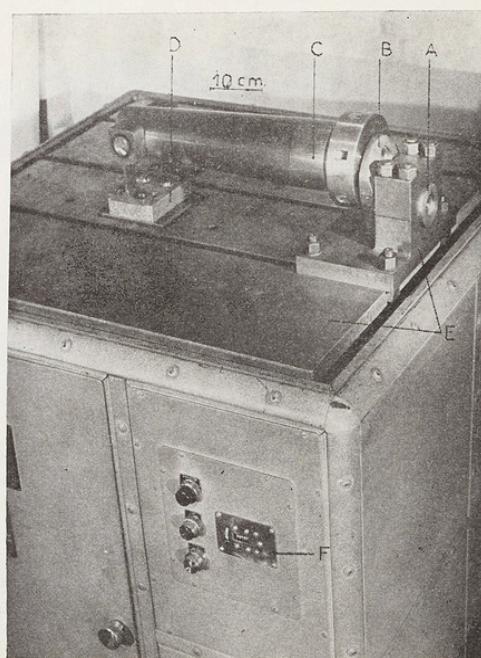


Fig. 45.  
Essai d'endurance par flexion plane sur machine à balourd.  
Élément de manivelle découpé dans une pièce réelle.

## PRIX ET MÉDAILLES

ATTRIBUÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT  
POUR L'ANNÉE 1959

**La Grande Médaille** (Méd. Thénard) est attribuée au MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, sur rapport de M. Vayssiére, au nom du Comité d'Agriculture.

**Le Grand Prix Lamy** est attribué à la RÉGIE NATIONALE DES USINES RENAULT, sur rapport de M. Chaudron, au nom du Conseil.

**La Médaille Louis Pineau** est attribuée à M. Armand Colot, sur rapport de M. Dumanois, au nom du Conseil.

### Médailles et Prix spéciaux.

*Méd. Oppenheim* : M. M. WILFART; Rapp. M. Léauté (A. Phys.). — *Prix Galitzine* : M. A. SAULNIER; Rapp. M. Trillat (A. Phys.). — *Méd. Bourdon* : M. R. WARNECKE; Rapp. M. Trillat (A. Phys.). — *Prix Melsens* : M. J. TEXEREAU; Rapp. M. Arnulf (A. Phys.). — *Prix Thenard* : M. M. RAUSCHER; Rapp. MM. Baratte et Blanc (Agricolt.). — *Méd. Gilbert* : M. A. MIGNOT; Rapp. Dr Raymond (A. Économ.). — *Méd. Farcot* : M. P. A. JACQUET; Rapp. MM. Dumanois et de Leiris (A. Mécan.). — *Méd. Richard* : M. P. SORIN; Rapp. M. de Leiris (A. Mécan.). — *Méd. Massion* : M. F. EUGÈNE; Rapp. M. le G<sup>r</sup> Nicolau (A. Mécan.). — *Méd. Dumas* : M. P. MENNESSIER; Rapp. M. Nessi (A. Phys.). — *Prix Fourcade* : M. F. BONNEL.

### Médailles d'Or.

MM. P. BLAIN (*Laminage*); Rapp. M. Pomey (A. Phys.). — F. ROBIN (*Recherches fruitières*); Rapp. M. Vayssiére (*Agricolt.*). — Ct J. Y. COUSTEAU (*Techniques sous-marines*); Rapp. M. Beau (Conseil). — C. ROUGERON (*Etudes techniques et économiques*); Rapp. M. Beau (A. Économ.). — P. CHOVIN (*Chromatographie*); Rapp. M. Wolff (A. Chim.). — R. COLLONGUES (*Conférence Bardy*); Rapp. M. Chaudron (A. Chim.).

### Médailles de Vermeil.

MM. J. GEORGES (*Appareils et Techniques de laboratoire*); Rapp. M. Pomey (A. Phys.). — Y. COIC (*Physiologie végétale*); Rapp. M. Baratte (Agricolt.). — H. DARPOUX (*Pathologie végétale*); Rapp. M. Baratte (Agricolt.).

### Médailles d'Argent.

Mme G. GRÉGOIRE (*Chimie métallurgique*); Rapp. M. Chaudron (A. Chim.). — Mme S. BARBEZAT (*Diffraction des rayons X*); Rapp. M. Trillat (A. Phys.). — Mme J. VINCENT (*Infrarouge*); Rapp. M. Lecomte (A. Phys.). — M. P. BOUVAREL (*Sylviculture*); Rapp. M. Guinier (Agricolt.).

*L'Industrie Nationale*. — Octobre-Décembre 1960.

### Médailles de Bronze.

MM. G. PERREAU (*Chimie métallurgique*); Rapp. M. Chaudron (A. Chim.). — M. PERSEGOL (*Acoustique et vibrations*); Rapp. M. Pomey (A. Phys.). — R. VAESKEN (*Mécanique de précision*); Rapp. M. Pomey (A. Phys.). — G. SLUCKI (*Transmissiomètres*); Rapp. M. Arnulf (A. Phys.). — R. GUY (*Recherche verrière*); Rapp. M. Long (A. Phys.). — G. RAILLARD (*Coopération technique*); Rapp. M. Guinier (Agricult.).

### Médailles décernées au Titre social.

(Ouvriers — Contremaîtres — Divers)

A. — CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE. — Sté Émile BENOIT et Cie. — Cie des FORGES DE CHÂTILLON-COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS (Siège social). — Éts KUHLMANN (Usine de Loos). — Cie PECHINEY (Salinière de la Camargue). — Cie de St-GOBAIN, CHAUNY ET CIREY (Usine de Toulouse). — S. N. C. F. (Régions Est, Ouest, S.-E.). — Sté ESSO-STANDARD (Usine d'Aubervilliers). — Sté des PÉTROLES SHELL-BERRE (Entrepôt de St-Denis).

B. — Sté ALSTHOM (Usines de Belfort, de St-Ouen). — Comm. des ARDOISIÈRES D'ANGERS (Ardois. des Fresnais, Ét. des Petits-Carreaux). — ATEL. ET CHANTIERS DE BRETAGNE. — Éts. J. J. CARNAUD ET FORGES DE BASSE-INDRE (Succ. de Casablanca, de Périgueux). — CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE. — Cie du Filage des Métaux et des Joints CURTY. — Sté d'ÉL. CHIMIE, d'ÉL. MÉTALL. ET DES ACIÉRIES ÉL. D'UGINE (Usines de Bourg, de La Barasse, de La Bathie, de la Chambre, d'Ugine, de Venthon, de Villers-St-Sépulcre). — FORGES ET ATEL. DE MEUDON. — Cie des FORGES DE CHÂTILLON-COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS (Siège social). — Sté d'Exploit. des Matériels Hispano-Suiza. — Sté KODAK-PATHÉ. — Éts KUHLMANN (Usine de Loos). — LABORATOIRE CENTRAL ET ÉCOLES DE L'ARMEMENT. — Sté des Matér. de Construct. de LA LOISNE. — Sté NOBEL-BOZEL. — Éts PANHARD ET LEVASSOR. — Cie PECHINEY (Exploit. min. de Langeac, Usine de Lavéra (Naphtachimie). — Cie des PHOSPHATES DE CONSTANTINE. — Cie de St-GOBAIN, CHAUNY ET CIREY (Glacerie de St-Gobain, Usines d'Aubervilliers, de St-Fons). — S. N. C. F. (toutes régions). — SUCRERIE DE COLLEVILLE. — Sté VALLOUREC (Usines de Decazeville, de Montbard). — Sté ESSO-STANDARD. — Sté MOBIL OIL FRANÇAISE (Dépôts de Bassens, de St-André-lez-Lille, de Lyon Port-Herriot). — Sté nat. des PÉTROLES D'AQUITAINE. — Sté fr. des PÉTROLES BP (Dépôts de Gd-Quévilly, de Noméxy, Raff. de Lavéra). — Sté PURFINA FRANÇAISE (Ét. de Béziers, Dépôt de Wasquehal). — Cie fr. de RAFFINAGE (Raff. de Normandie, de Provence). — Sté des PÉTROLES SHELL BERRE (Dépôts de Nanterre, de Juvisy). — Cie de RAFFINAGE SHELL BERRE (Raff. de Berre-l'Etang, de Pt-Couronne, de Pauillac, Station d'essais de Nanterre).

C. — Cie Gén. de RADIOLOGIE.

INDEX POUR 1960 DES AUTEURS DES CONFÉRENCES PUBLIÉES

	Pages.
MM.	
CHAMPETIER (G.). — Les récentes applications de la Chimie macromoléculaire . . . . .	45
CHOVIN (P.). — Une méthode analytique et préparative en plein développement : la chromatographie . . . . .	57
COLLONGUES (R.). — Méthodes récentes pour l'obtention de très hautes températures et leurs applications . . . . .	73
LECOMTE (J.). — La spectrométrie infrarouge et quelques-unes de ses applications . . . . .	27
MICHEL (A.). — Les propriétés des ferrites et leurs remarquables applications en électronique . . . . .	11
POMEY (J.). — Progrès dans l'utilisation des produits ferreux dans l'Industrie automobile . . . . .	87
ROHDEN (Ch. de). — Préparation des pigments d'oxyde de titane . . . . .	1

TABLE DES MATIÈRES

(Année 1960)

1 <sup>o</sup>	
Conférences.	
PRÉPARATION DES PIGMENTS D'OXYDE DE TITANE, par M. Ch. de Rohden . . . . .	1
LES PROPRIÉTÉS DES FERRITES ET LEURS REMARQUABLES APPLICATIONS EN ÉLECTRONIQUE, par M. A. Michel . . . . .	11
LA SPECTROMÉTRIE INFRAROUGE ET QUELQUES-UNES DE SES APPLICATIONS, par M. J. Lecomte . . . . .	27
LES RÉCENTES APPLICATIONS DE LA CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE, par M. G. Champetier . . . . .	45
UNE MÉTHODE ANALYTIQUE ET PRÉPARATIVE EN PLEIN DÉVELOPPEMENT : LA CHROMATOGRAPHIE, par M. P. Chovin . . . . .	57
MÉTHODES RÉCENTES POUR L'OBTENTION DE TRÈS HAUTES TEMPÉRATURES ET LEURS APPLICATIONS, par M. R. Collongues . . . . .	73
PROGRÈS DANS L'UTILISATION DES PRODUITS FERREUX DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE, par M. J. Pomey . . . . .	87
2 <sup>o</sup>	
Divers.	
Prix et Médailles attribués pour l'année 1959 . . . . .	105
Index des Noms d'Auteurs . . . . .	107

Le Président de la Société, Directeur Gérant : G. CHAUDRON.

D. P. n° 1080.

Imprimé en France par Brodard-Taupin, Imprimeur-Relieur. Coulommiers-Paris. — 12-1960.

EDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## I. — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

LE BULLETIN SIGNALÉTIQUE paraît mensuellement et présente, sous la forme de courts extraits classés par matière, tous les travaux scientifiques, techniques et philosophiques publiés dans le monde entier. Des TIRAGES À PART sont mis en vente à la disposition des spécialistes.

Des TIRAGEs A PART sont mis, en outre, à la disposition des spécialistes.

Le CENTRE DE DOCUMENTATION DU C.N.R.S. fournit également la reproduction photographique sur microfilm ou sur papier des articles analysés dans le BULLETIN SIGNALÉTIQUE ou des articles dont la référence bibliographique précise lui est fournie.

Ainsi, expérimentateurs, ingénieurs et techniciens bénéficient, sans quitter leur laboratoire ou leur bureau, d'une documentation abondante et rapide.

**ABONNEMENT ANNUEL (y compris la Table des Auteurs)**

PREMIÈRE PARTIE. — Mathématiques; Physique; Chimie; Sciences de l'Ingénieur . 120 NF ÉTRANGER 150 NF

## TIRAGES A PART

Section I. — Mathématiques pures et appliquées; Mécanique; Physique mathématique . . . . .	19 NF	24 NF
Section III. — Généralités sur la Physique; Acoustique; Thermodynamique; Chaleur; Optique; Électricité et Magnétisme . . . . .	34 NF	38 NF
Section IV. — Physique corpusculaire; Structure de la Matière . . . . .	17 NF	22 NF
Section VII. — Sciences de l'Ingénieur. . . . .	42 NF	47 NF
<i>N. B.</i> — Les abonnés aux tirages à part du Bulletin signalétique peuvent recevoir la TABLE GÉNÉRALE DES AUTEURS aux conditions suivantes . . . . .	12 NF	16 NF

ABONNEMENT AU CENTRE DE DOCUMENTATION DU C.N.R.S.  
15, quai Anatole France-Paris 7<sup>e</sup> C.C.P. PARIS 9131-62. Tél. : SOLférino 93-39.

JOURNAL DES RECHERCHES DU C.N.R.S., Revue trimestrielle publant des articles de recherches faites dans les différents laboratoires du C.N.R.S.

ABONNEMENT ANNUEL (quatre numéros) . . . . . 25 NF  
Prix du numéro. . . . . 8 NF

## II. — OUVRAGES

Claude ROCCHICCIOLI. — Notions de Mathématiques . . . . . 8 NF  
LE FORMULAIRE DE MATHÉMATIQUES ET LES MONOGRAPHIES du Centre d'Études mathématiques en vue des applications :

## 1. — MONOGRAPHIES

PETIAU G. — La théorie des Fonctions de Bessel exposée en vue de ses applications à la Physique mathématique . . . . .	25	NF
DUMAS M. — Les épreuves sur échantillon . . . . .	10	NF
COLOMBO S. — Les transformations de Mellin et de Hankel. (Applications à la Physique mathématique) . . . . .	10	NF
LAVOINE J. — Calcul symbolique. Distribution et pseudo-fonctions . . . . .	10	NF
DESTOUCHES J.-L. — Principes de la mécanique classique . . . . .	3,50	NF
VOGEL TH. — Les fonctions orthogonales dans les problèmes aux limites de la physique mathématique . . . . .	12	NF

2.— LE FORMULAIRE DE MATHÉMATIQUES  
A L'USAGE DES PHYSICIENS ET DES INGÉNIEURS

Fascicule IV. — Algèbre et analyse tensorielle. . . . .	7	NF
Fascicule VII. — Équations aux dérivés partielles . . . . .	8	NF
Fascicule IX. — Fonctions de la Physique mathématique . . . . .	8	NF
Fascicule XII. — Calcul des probabilités (2 <sup>e</sup> édition). . . . .	8	NF
A. DURIF et F. FORRAT. — Tables numériques adaptées à la Technique des diagrammes Debye-Scherrer. . . . .		2,50 NF

QUELQUES COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C.N.R.S.

XXXVI. — Les méthodes formelles en axiomatique (logique mathématique) . . . . .	6	NF
LII. — Géométrie différentielle . . . . .	10	NF
LXX. — Le raisonnement en mathématiques et en sciences expérimentales. . . . .	14	NF
LXXI. — La théorie des équations aux dérivés partielles. . . . .	15	NF
LXXV. — Les problèmes mathématiques de la Théorie quantitative des champs . . . . .	20	NF
LXXXII. — Calcul des Fonctions d'Onde moléculaire . . . . .	34	NF
LXXXVII. — Le calcul des Probabilités et ses applications. . . . .	20	NF

LES CAHIERS DE PAUL VALÉRY (écrits de 1894 à 1945).

Paul Valéry était tout à la fois poète, littérateur, penseur, épris des Sciences et artiste. Les Cahiers écrits tout au long de sa vie permettent de la mieux connaître sous ces divers aspects. Ils sont le complément indispensable des œuvres de Paul Valéry publiées jusqu'à ce jour et intéresseront tous ceux qui les possèdent.

Ces Cahiers se présentent sous la forme d'une trentaine de volumes d'environ 1 000 pages, du format 21 × 27, contenant la reproduction photographique du manuscrit et d'environ 80 aquarelles de l'auteur.

Volumes reliés . . . . .	1 600	NF
(640 NF payables à la commande et 30 NF à la parution de chacun des volumes)		
Volumes sous étuis . . . . .	1 740	NF
(780 NF payables à la commande et 30 NF à la parution de chacun des volumes).		

LES PUBLICATIONS DU CENTRE D'ÉTUDES SOCIOLOGIQUES

1. — Sociologie comparée de la famille contemporaine . . . . .	10	NF
2. — A. TOURAIN. — L'Évolution du travail ouvrier aux Usines Renault. . . . .	12	NF
3. — CROZIER. — Petits fonctionnaires au travail . . . . .		6,40 NF
4. — CHOMBART de LAUWE. — La vie quotidienne des familles ouvrières . . . . .	15	NF
5. — GUILBERT et ISAMBERT. — Travail féminin et travail à domicile. . . . .	10	NF
6. — Andrée MICHEL. — Les travailleurs algériens en France . . . . .	12	NF
7. — MENDRAS. — Les paysans et la modernisation de l'Agriculture . . . . .	12	NF
8. — Ida BERGER. — Les Maternelles . . . . .	18	NF
9. — Andrée MICHEL. — Famille, industrialisation et logement . . . . .	21	NF
Visages et perspectives de l'Art Moderne (peinture, musique, poésie). Recueil des communications faites aux entretiens d'Arras . . . . .	12	NF
Influences étrangères dans l'œuvre de Mozart . . . . .	26	NF
Nicolas Poussin . . . . .	130	NF
Répertoire des Travaux publiés avec le concours du C.N.R.S. (1953-1954) . . . . .	15	NF
Le groupe des Laboratoires de Bellevue. . . . .	10	NF

Renseignements et vente au Service des Publications  
du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
15, quai Anatole-France — PARIS 7<sup>e</sup> C.C.P. PARIS 9061-11 — Tél. SOLférino 93-39.

# PRODUITS CHIMIQUES

pour  
INDUSTRIE  
PHARMACIE  
PARFUMERIE  
CÉRAMIQUE  
AGRICULTURE

## MATIÈRES PLASTIQUES

"RHODOÏD" Acétate de Cellulose

"RHODOPAS" Résines vinyliques

"RHODORSIL" Silicones

"RHODESTER" Résines polyesters

"MANOLÈNE" Polyéthylène basse pression  
(FABRIQUÉ PAR LA MANUFACTURE NORMANDE DE POLYÉTHYLÈNES)

"ALAMASKS" Agents neutralisants des mauvaises odeurs

PIGMENTS MINÉRAUX pour matières plastiques

RHÔNE  
POULENC

21, RUE JEAN-GOUJON, PARIS VIII<sup>e</sup> - TÉLÉPHONE BAL. 22-94

DV. 121

GAYD

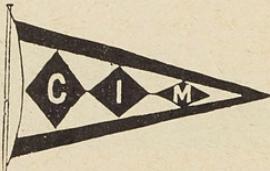
WD

# Compagnie Générale de Géophysique

50, rue Fabert  
PARIS - VII<sup>e</sup>

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL  
DE 7.560.000 NF

APPLICATION DES PROCÉDÉS SISMIQUES, TELLURIQUES,  
ÉLECTRIQUES, GRAVIMÉTRIQUES, MAGNÉTIQUES,  
AUX RECHERCHES PÉTROLIÈRES, MINIÈRES, HYDROLOGIQUES  
ET AUX ÉTUDES DE GÉNIE CIVIL



La C. I. M. assure au Havre le trafic des hydrocarbures à destination des Raffineries de la Basse-Seine et des Dépôts de la Région Parisienne.

Au Havre : Bassins accessibles aux plus grands navires pétroliers et capacité de stockage de 430.000 m<sup>3</sup>

A Gennevilliers : Dépôt spécialisé de 41.200 m<sup>3</sup>

## COMPAGNIE INDUSTRIELLE MARITIME

Concessionnaire du Port Autonome du Havre

36, rue de Liège

PARIS (VIII<sup>e</sup>)

EUROpe 44-30

PECHINEY, grâce à l'ampleur de ses moyens techniques et industriels, ne cesse de multiplier les produits indispensables aux industries de transformation les plus diverses.

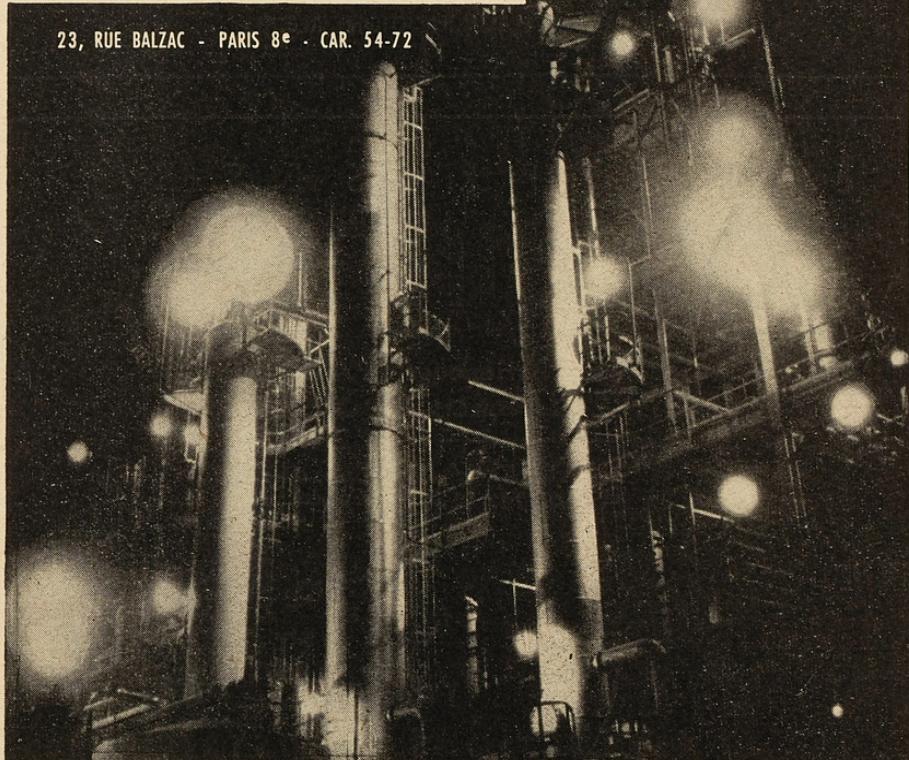
Il n'est guère aujourd'hui de secteurs industriels qui n'utilisent une ou plusieurs de ses fabrications, qu'il s'agisse des alliages légers, des matières plastiques ou des produits chimiques.

Aluminium et Alliages d'Aluminium - Ferro-Alliages d'addition et de désoxydation - Cupro-Alliages - Métaux Spéciaux - Produits Réfractaires - Graphite Pur en particulier pour réacteurs nucléaires - Matières Plastiques - Produits Dérivés du Chlore - Produits Sodiques, Ammoniacaux, Sulfureux, Alumineux, Fluorés, Cupriques - Chlorates et Perchlorates.

# PECHINEY

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 403.147.250 NF

23, RUE BALZAC - PARIS 8<sup>e</sup> - CAR. 54-72



# Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 NF

56, rue du Faubourg-St-Honoré, PARIS (8<sup>e</sup>)

## ENTREPRISES GÉNÉRALES

USINES HYDRO-ÉLECTRIQUES ET CENTRALES THERMIQUES

USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

AÉROPORTS - OUVRAGES D'ART

ROUTES - CHEMINS DE FER

CITÉS OUVRIÈRES - ÉDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS

ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS ET POSTES DE TRANSFORMATION

RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A HAUTE TENSION

ÉLECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER

RÉSEAUX D'ÉLECTRIFICATION RURALE

## ENTREPRISES

# BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17<sup>e</sup>.

ALGER - CASABLANCA

S. E. T. A. O. à ABIDJAN (Côte d'Ivoire)  
et CONAKRY (Guinée)

BÉTON ARMÉ  
TRAVAUX PUBLICS  
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE  
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE  
ET DES  
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE

ACIERS  
PRODUITS CHIMIQUES  
ALUMINIUM  
MAGNÉSIUM  
FERRO-ALLIAGES  
ÉTAIN

SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DU GÉNÉRAL-FOY - PARIS (8<sup>e</sup>)

TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

# POMPEY

## ACIERS de HAUTE QUALITÉ

- pour constructions métalliques et mécaniques
- à haute limite élastique et soudables
- résistant à la corrosion et inoxydables
- fins au carbone et spéciaux alliés
- à outils et pour outillage



ACIERS THOMAS et MARTIN



Fontes - Ferro Manganèse



Laminés - Étirés et Comprimés

Moulés et Forgés

Fil machine

## Société des ACIERIES de POMPEY

61, Rue de Monceau - PARIS 8<sup>e</sup> -:- Tél. : LAB. 97-10 Ad. Télég. POMPEAC PARIS

TELEX : 27-826

APPAREILS DE LABORATOIRE  
ET MACHINES INDUSTRIELLES

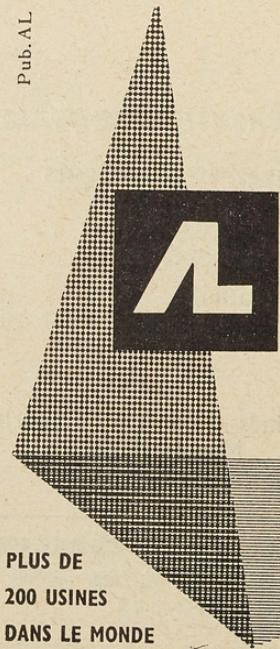
**P. CHEVENARD**

- pour l'analyse dilatométrique et thermomagnétique des matériaux;
- pour l'essai mécanique et micromécanique des métaux à froid et à chaud;
  - Essais de traction, de flexion, de compression, de dureté;
  - Essais de fluage (Traction-Relaxation) et de rupture;
  - Essais de torsion alternée;
  - Étude du frottement interne;
- pour l'étude des réactions chimiques par la méthode de la pesée continue;
- pour la mesure des températures et le réglage thermostatique des fours.

A. D. A. M. E. L.

4-6, Passage Louis-Philippe  
PARIS (11<sup>e</sup>)

Pub. AL



PLUS DE  
200 USINES  
DANS LE MONDE

Air, oxygène,  
azote, hydrogène comprimés  
et liquides.  
Argon, gaz rares extraits de l'air.  
Gaz spéciaux et tous mélanges  
de gaz.  
Acétylène dissous.  
Soudage, oxycoupage, toutes  
techniques connexes.  
Appareils de séparation de tous mélanges  
gazeux par liquéfaction et rectification.  
Eau oxygénée et perborate de soude.  
Polyéthylènes haute et basse pressions.

**L'AIR LIQUIDE**

75, QUAI D'ORSAY, PARIS 7<sup>e</sup>, INV. 44-30

LA BERLINE GRAND LUXE 403  
est équipée en série du  
Ventilateur débrayable automatique  
et, avec supplément,  
du Coupleur électro-magnétique JAEGER  
qui supprime la pédale de débrayage.

403

2 pédales

L.P.F. 072

## SOCIETE CHIMIQUE de la GRANDE PAROISSE

### AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 13.997.000 NF

SIÈGE SOCIAL : 8, rue Cognacq-Jay - PARIS (VII<sup>e</sup>) ◆ Tél.: INV. 44-30 à 44-38

R. C. Seine n° 55 B 12665 Adr. Télégr. : GRANPARG-PARIS N° d'Entreprise 353.75.107.0053

### INSTALLATIONS D'USINES :

SYNTHESE DE L'AMMONIAQUE (Procédés Georges Claude) ENGRAIS AZOTÉS | DISTILLATION A BASSE TEMPÉRATURE (des schistes, lignites, etc.)

SYNTHÈSE DE L'ALCOOL MÉTHYLIQUE | HYDROGÈNE ET GAZ DE VILLE PAR CRACKING

RECUIT BRILLANT (Licence I. G. I.) ET CONVERSION DES HYDROCARBURES

### PRODUITS FABRIQUÉS :

AMMONIAC ANHYDRE :— ALCALI A TOUS DEGRÉS :— ENGRAIS AZOTÉS

USINES OU ATELIERS: GRAND-QUEVILLY (Seine-Maritime) - WAZIERS (Nord) - FRAIS-MARAIS (Nord)-PARIS, 25 rue Vicq-d'Azir - AUBERVILLIERS (Seine), 65, rue du Landy

## C<sup>ie</sup> Française de Raffinage

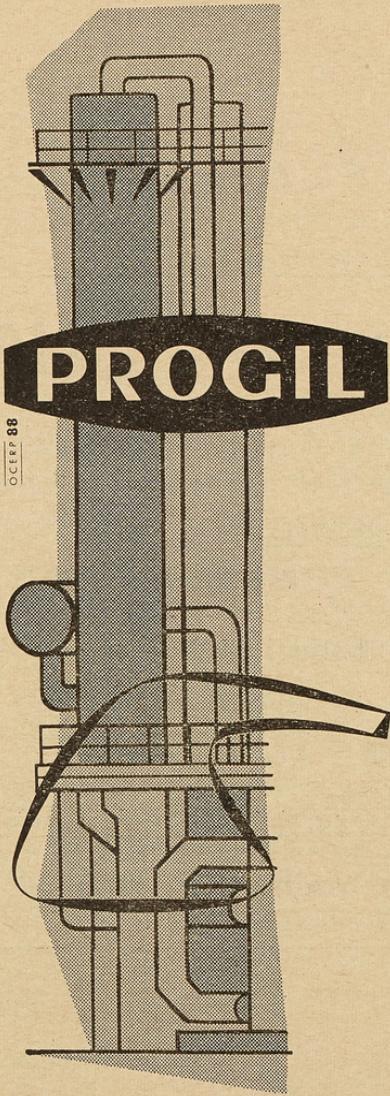
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 130.000.000 DE NF — R. C. Seine n° 54 B 3492

### SIÈGE SOCIAL : 5, rue Michel-Ange, PARIS (16<sup>e</sup>)

La Compagnie Française de Raffinage dispose dans ses Raffineries de Gonfreville-l'Orcher (Seine-Maritime) et de La Mède (Bouches-du-Rhône) :

- de la plus grosse Unité de Cracking Catalytique de l'Europe occidentale,
- de la plus grosse Unité de Reforming Catalytique du continent Européen,
- de tout un ensemble de fabrication d'huiles de graissage mettant en œuvre les techniques les plus modernes par solvants sélectifs,
- d'une unité de production d'éthylène d'une capacité annuelle de 30 000 t.,
- des laboratoires de recherche et de contrôle les plus importants de l'industrie française.

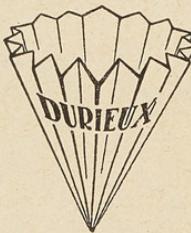
Elle est la plus importante des sociétés raffinant du pétrole brut en France et peut traiter 12 600 000 tonnes, chaque année.



Produits  
chimiques  
industriels

77-79, RUE DE MIROMESNIL, PARIS 8°  
LAB. 91-60

# LES FILTRES DURIEUX



## PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52×52

### SPÉCIALITÉS :

#### FILTRES SANS CENDRES

N° 111, 112 et Crêpé N° 113 extra-rapide

Filtres Durcis n° 128 & Durcis sans cendres n° 114

**Cartouches** pour extracteurs de tous systèmes

#### PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

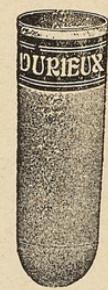
Toutes Dimensions, pour Filtres-Presses. (Envoi d'échantillons sur demande)

Registre du Comm. de la Seine N° 722.521-2-3      Téléphone : ARCHives 03-51

MÉDAILLE D'OR de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Juillet 1918)

**20, rue Malher, PARIS (4<sup>e</sup>)**

Demandez le Catalogue donnant toutes les explications sur les emplois de mes différentes sortes



*ETABLISSEMENTS*  
**KUHLMANN**

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 89.561.100 NF  
Siège Social : 25, Boul. de l'Amiral Bruix, PARIS (16<sup>e</sup>)

★

**PRODUITS CHIMIQUES**

DÉRIVÉS DU SOUFRE - DÉRIVÉS DU CHLORE - PRODUITS AZOTÉS - DÉRIVÉS DU BARYUM - DÉRIVÉS DU BROME  
DÉRIVÉS DU CHROME - DÉRIVÉS DU COBALT - DÉRIVÉS DU NICKEL - DÉRIVÉS DU CÉRIUM - DÉRIVÉS DU PHOSPHORE - LESSIVES - SILICATES - DÉRIVÉS DE L'ÉTHYLÈNE  
DÉRIVÉS DU PROPYLÈNE - ALCOOLS DE SYNTHÈSE  
HYDROCARBURES DE SYNTHÈSE

★

**PRODUITS POUR L'AGRICULTURE**

ENGRAIS PHOSPHATÉS - ENGRAIS AZOTÉS - ENGRAIS COMPLEXES - PRODUITS INSECTICIDES ET ANTICRYPTO-GAMIQUES - PRODUITS POUR L'ALIMENTATION DU BÉTAIL - AMENDEMENTS - HERBICIDES - DÉSINFECTANTS

★

**PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES**

RÉSINES SYNTHÉTIQUES - COLLES SYNTHÉTIQUES  
MATIÈRES PLASTIQUES - TANINS SYNTHÉTIQUES  
PRODUITS INTERMÉDIAIRES - PRODUITS AUXILIAIRES INDUSTRIELS - PRODUITS R. A. L.

★

**TEXTILES CHIMIQUES**

RAYONNE VISCOSE - FIBRANNE VISCOSE - CRINODOZ

COMPAGNIE FRANÇAISE

# THOMSON - HOUSTON

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 78.446.400 N.F.

SIÈGE SOCIAL : 173, BOULEVARD HAUSSMANN, PARIS VIII<sup>e</sup>

TELEGR. ELIHU 42 PARIS



TELEPHONE : ÉLYSEES 83-70

**ÉLECTRONIQUE** Toutes applications professionnelles de *L'ÉLECTRONIQUE* et de *LA NUCLEONIQUE* - Radiodiffusion - Télévision  
Radiocommunications - Radars - Projets spéciaux - Tubes électroniques - Diodes  
Redresseurs - Transistors - Cristaux pour hyperfréquences - Etc...

**CÂBLES** Cuivre, Aluminium, Almelec en fils, Câbles, Méplats - Fils et  
Méplats émaillés - Fils guipés - Câbles incombustibles - Fils et  
Câbles électriques isolés pour toutes applications.

**RÉCEPTEURS DE RADIO ET DE TÉLÉVISION** Électrophones et  
Tourne-Disques  
"DUCRETET-THOMSON"

**APPAREILS MÉNAGERS** Rasoirs électriques - Fers à repasser - Appareillage  
Tubes isolateurs - Réfrigérateurs - Machines à laver - etc...

THOMSON CFTH HOUSTON