

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).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA 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	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1954, n° 3 (juil.-sept.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1954

Collation	1 vol. (p. [47]-57) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	26
Cote	INDNAT (27)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.27

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 reportera 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 abordant, 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, publiant 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 Emptoz, [« 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 EMPTOZ, [« 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

1954
N° 3

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

publiés sous la direction de **M. Albert CAQUOT**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours de la Commission des Publications et 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° 3 : JUILLET-SEPTEMBRE 1954

SOMMAIRE

DÉFORMATION ÉLASTICO-VISQUEUSE ET PHÉNOMÈNES DE FATIGUE
DANS LES SOLIDES, par M. HENRI LE BOITEUX. 47

44, rue de Rennes, PARIS 6° (LIT 55-61)

Publication trimestrielle

DÉFORMATION ÉLASTICO-VISQUEUSE ET PHÉNOMÈNES DE FATIGUE DANS LES SOLIDES (1)

par M. Henri LE BOITEUX

*Professeur à l'École Supérieure de Physique et de Chimie,
Directeur Scientifique à l'Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques.*

I. INTRODUCTION.

Les phénomènes de fatigue dans les solides soumis à des sollicitations variables plus ou moins périodiquement au cours du temps jouent un rôle de plus en plus fondamental dans les techniques mécaniques.

La cause en est que la très grande majorité des pièces constituant nos mécanismes subissent précisément de telles sollicitations et que, d'autre part, les progrès de la technique moderne correspondent à l'accroissement continu des vitesses, qu'il s'agisse des vitesses de translation de rotation ou de déplacement d'ensemble.

Il y a déjà longtemps que s'est imposée cette constatation que le comportement de la matière soumise à des sollicitations variables avec le temps ne peut pas se déduire de la connaissance de ses caractéristiques statiques telles que les font apparaître les essais standards des matériaux.

On a ainsi été conduit à élaborer un grand nombre de méthodes d'essais particuliers appelés Essais de fatigue ou Essais d'endurance faisant appel à des types de sollicitations variés.

Ces études ont fait apparaître, en outre, un grand nombre de phénomènes nouveaux, dont certains assez inattendus, au sujet des-

quels les controverses sont loin d'être épuisées et qui, pour la plupart, n'ont jusqu'à présent reçu aucune explication vraiment satisfaisante.

Un point fondamental se dégage des travaux récents sur la fatigue. Alors que dans le domaine statique la prévision des phénomènes peut être faite avec une très bonne approximation à partir de la théorie de l'élasticité plus ou moins complétée par celle, en cours de développement, de la plasticité, il n'en va pas du tout de même pour les phénomènes dynamiques.

Dans le premier cas la théorie de l'élasticité peut servir de guide parce que la matière peut être considérée comme isotrope et homogène à l'échelle des phénomènes. Il apparaît, au contraire, que cette hypothèse n'est plus du tout justifiée dans le cas de sollicitations rapidement variables — les hétérogénéités ou anisotropies locales jouent un rôle très important et ceci conduit à penser que l'étude du comportement des solides dans ce domaine doit tenir compte largement de la structure fine de la matière.

Ce fait oriente un grand nombre des recherches actuelles dont les résultats expérimentaux présentent dès maintenant une grande importance.

(1) Conférence faite le 18 juin 1953 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
L'Industrie nationale. — juillet-septembre 1954.

Cependant, j'ai pensé que, si l'évolution du solide, au cours du processus d'une rupture de fatigue, ne peut, en raison des faits rappelés ci-dessus, être prévue entièrement par la théorie, il était probablement possible de comprendre au moins l'origine des phénomènes et d'expliquer le rôle spécial des variations rapides de sollicitation.

En partant de cette idée de base que le comportement de la matière en dynamique résulte de ce qu'il est impossible de négliger les effets de viscosité certainement toujours présents, j'ai pu établir une théorie de la fatigue qui, si elle ne permet pas de décrire intégralement les phénomènes, permet néanmoins de prévoir leur apparition.

L'intérêt pratique est, en outre, de faire apparaître une distinction très importante entre le cas des efforts imposés et celui des déformations imposées. La matière réagit, en effet, de façon très différente à ces deux types

de sollicitation et ceci n'avait pas été clairement vu jusqu'ici.

Une autre conséquence importante est que le choix du matériau dépend du mode de sollicitation et que, plus précisément, les solides les plus aptes à résister aux efforts variables sont les moins favorables au cas de déformations imposées.

Il est tout à fait remarquable que si l'on examine en détail les problèmes techniques réels, on constate que, presque toujours, ce sont les déformations et non les efforts qui sont imposés et cette constatation, négligée jusqu'à présent, donne une grande importance aux conclusions de la théorie.

Je m'attacherai ici à préciser ces conclusions en indiquant très rapidement et sans développer longuement les calculs la base de la théorie que je propose. On trouvera celle-ci beaucoup plus détaillée dans d'autres publications déjà parues ou en cours.

II. — LA DÉFORMATION ÉLASTICO-VISQUEUSE.

Les matériaux les plus couramment utilisés dans les réalisations mécaniques, au moins jusqu'à ces dernières années, ont toujours été considérés comme parfaitement élastiques et ceci est justifié lorsqu'il s'agit notamment des aciers soumis à des efforts lentement variables.

Mais l'apparition de matériaux nouveaux, et en particulier de tous les corps improprement appelés « plastiques », oblige à réviser cette conception et impose cette idée que la déformation des solides est, en réalité, élastico-visqueuse. Autrement dit les contraintes développées dans la matière comportent au minimum deux termes nettement différents. L'un d'eux proportionnel à la déformation est le terme ordinaire de la théorie de l'élasticité, l'autre lié aux vitesses de déformation traduit le phénomène de viscosité.

Il en résulte que, pour de tels matériaux, la déformation ne peut être instantanée. C'est le phénomène bien connu de réactivité. Sous l'influence d'un effort appliqué quasi instantanément la déformation croît d'abord très vite, puis plus lentement suivant une courbe analogue à celle de la figure 1. Il en est de même lors de la suppression de l'effort (portion BCD de la courbe).

Pour certains corps le phénomène est assez lent pour être parfaitement constaté. L'al-

longement s'étend sur une période de plusieurs semaines. Par contre, pour les métaux, les aciers notamment, il échappe ordinairement à l'expérience mais réapparaît si on élève la température, c'est le fluage.

J'ai montré, dans une communication faite au 8^e Congrès International de Mécanique Théorique et Appliquée, à Istamboul en août 1952, qu'il est possible de rendre parfaitement compte de ces faits si l'on adjoint aux équations de Lamé de la théorie de l'élasticité les équations des contraintes visqueuses calquées sur le type de celles établies par Navier pour les fluides.

On trouvera dans un prochain numéro du Bulletin de la Société Française des Mécaniciens le calcul complet. J'en dégagerai seulement ici les conclusions. Tout d'abord la notion de module d'Young disparaît et doit être généralisée. Si l'effort appliqué est assez faible, la déformation tend vers une valeur fixe, atteinte asymptotiquement. J'ai appelé E_e la valeur du module correspondant à cet état d'équilibre final.

En associant les équations de Lamé et celles de Navier on aboutit à des équations du mouvement du solide élastico-visqueux, mais celles-ci présentent une forme très complexe et dans le cas le plus général il est quasi impossible de les résoudre.

Si, au contraire, on se limite à un cas simple — celui par exemple d'une sollicitation de traction pure — on parvient à écrire la valeur de la déformation et celle des contraintes.

Il est évident que l'on voit apparaître ainsi, non seulement une contrainte de tension dans le sens de l'effort appliqué, mais aussi des contraintes tangentielles qui tendent lentement vers zéro, l'équilibre final redevenant un champ de contrainte de tension pure.

Si, par exemple, on imagine une barre de section S soumise suivant l'axe des X à un effort axial P appliqué brusquement (fig. 2) on trouve que l'allongement obéit à l'équation :

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{P}{E_s S} [1 - \sum C_n e^{-\alpha_n t}] \quad (1)$$

Les coefficients α_n sont des grandeurs caractéristiques de la viscosité du matériau et les C_n font intervenir la viscosité et les abscisses extrêmes de l'élément de mesure l .

En réalité l'équation différentielle dont cette relation est le résultat d'intégration est une véritable équation de propagation.

L'impossibilité physique d'appliquer un effort P en un temps rigoureusement nul a conduit à des difficultés presque insurmontables de vérification des diverses lois de réactivité données précédemment par un grand nombre d'auteurs.

Par contre, j'ai proposé de traduire la relation (1) sous une autre forme.

Elle représente, en réalité, la réponse du matériau à une sollicitation du type échelon d'Heaviside (si $P = 1$) et on peut dire que la barre présente une « impédance mécanique » qu'il est commode d'écrire dans le langage du calcul symbolique sous la forme :

$$\frac{1}{Z(p)} = \frac{1}{ES} \left[1 - \sum \frac{C_n p}{p + \alpha_n} \right] \quad (2)$$

III. — CONSÉQUENCES SUR LE COMPORTEMENT DE CERTAINES MATIÈRES.

Supposons maintenant que l'on impose à l'éprouvette, non plus un effort, mais une déformation quasi instantanée amenant la section B en B' (fig. 5).

En raison de la viscosité, traduite par l'impédance mécanique, l'effort développé est donné par :

$$F(p) = s(p)Z(p) \quad \text{dans laquelle} \quad s = \frac{BB'}{l}$$

$$F(p) = ES s \frac{1}{p \left(1 - \sum \frac{C_n p}{p + \alpha_n} \right)} \quad (5)$$

L'avantage considérable de cette façon de raisonner est que nous pourrions maintenant trouver sans difficulté la réponse à une sollicitation dont la variation dans le temps a une forme quelconque.

J'ai en particulier calculé ainsi la déformation prise par une barre soumise à un effort croissant linéairement avec le temps $P = kt$ depuis zéro jusqu'à une valeur P_1 atteinte au temps t_1 .

Cette réponse est très aisée à obtenir grâce au calcul symbolique et il est possible par une transformation de Laplace d'en déduire la loi de variation dans le temps de l'allongement, grandeur facile à mesurer.

On trouve ainsi que :

pour $t < t_1$

$$s(t) = \frac{\Delta l}{l} = \frac{k}{ES} \left[t - \sum \frac{C_n}{\alpha_n} (1 - e^{-\alpha_n t}) \right] \quad (3)$$

pour $t > t_1$

$$s(t) = \frac{k}{ES} \left[t_1 - \sum \frac{C_n}{\alpha_n} (e^{\alpha_n t_1} - 1) e^{-\alpha_n t} \right] \quad (4)$$

J'ai pu tenter une vérification expérimentale en utilisant un corps doué de réactivité, pratiquement du plexiglas, soumis à un effort de traction linéairement croissant, ce qui est relativement aisé à réaliser, et mesurant la déformation en fonction du temps.

On trouve ainsi qu'il suffit de prendre 2 termes de la série et que pour ce corps on a les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,0617 & C_1 &= 0,89 \\ \alpha_2 &= 0,000065 & C_2 &= 0,22 \end{aligned}$$

La concordance de la courbe calculée avec ces valeurs et de la courbe expérimentale est excellente, comme le montrent le tableau de la figure 3 et la courbe de la figure 4.

Les phénomènes de viscosité rendent donc bien compte quantitativement de la réactivité.

ou en remontant à la fonction originale et gardant en première approximation un seul terme de la série :

$$F(t) = ES s \left[1 + \frac{C}{1-C} e^{\frac{-\alpha}{1-C} t} \right] \quad (6)$$

On voit que pour $t = 0$ la contrainte développée dans la matière est :

$$\sigma_x = \frac{F}{S} = ES \left[1 + \frac{C}{1-C} \right] = \frac{Es}{1-C} \quad (7)$$

qui est beaucoup plus grand que E_s . Cette contrainte décroît ensuite suivant une exponentielle et tend vers la valeur d'équilibre E_s .

Si l'on veut brusquement ramener B' en B , un phénomène analogue se produit. Il faut développer d'abord une contrainte de compression pour vaincre la viscosité, contrainte qui disparaît ensuite lentement.

Le schéma serait celui de la figure 6. L'expérience confirme parfaitement ce point de vue, comme je l'ai montré en mesurant les contraintes par photo-élasticimétrie dans une éprouvette de plexiglas.

Si la réactivité de la matière est très élevée la contrainte développée σ_x au moment de

l'application de la déformation devient considérable et l'éprouvette cassera brusquement, se comportera comme très fragile alors que pour une déformation très lente elle apparaîtrait très ductile.

Ceci explique parfaitement le comportement bien connu du brai. Certains matériaux nouveaux, notamment certaines silicones présentent cette propriété à un degré beaucoup plus marqué. Réellement plastiques pour des déformations lentes elles deviennent parfaitement élastiques et aussi fragiles que du verre si on leur impose des déformations rapides.

La viscosité explique parfaitement ce comportement en apparence paradoxal.

IV. — PHÉNOMÈNES DE FATIGUE.

Il est maintenant possible à partir de la notion d'impédance mécanique de trouver la réponse d'une éprouvette de traction à une sollicitation périodiquement variable.

Pour ne pas compliquer les raisonnements et nous affranchir de la difficulté de non symétrie possible des phénomènes, nous supposons une sollicitation périodique mais non alternée.

Deux cas bien distincts sont à considérer :

A) Cas d'une déformation imposée.

Nous supposons que l'éprouvette subit une déformation répondant à la loi périodique $s(t) = s(1 - \cos \omega t)$ c'est-à-dire représentée par la courbe de la figure 7.

Sa valeur en écriture symbolique est :

$$s(p) = s \left[\frac{1}{p} - \frac{p}{p^2 + \omega^2} \right] \quad (8)$$

La contrainte développée dans la matière s'écrit :

$$\sigma_x(p) = E_s \frac{\frac{1}{p} - \frac{p}{p^2 + \omega^2}}{1 - \frac{Cp}{p + \alpha}} \quad (9)$$

en se limitant au 1^{er} terme de la série dans l'expression de l'impédance mécanique, ce qui semble bien justifié pour des phénomènes relativement rapides comme ceux rencontrés en mécanique courante.

Un calcul un peu long mais facile conduit alors à :

$$\sigma_x = E_s \left[1 - \sqrt{\frac{\alpha^2 + \omega^2}{\alpha^2 + \omega^2(1-C)^2}} \cos(\omega t - \varphi) + \frac{\omega^2 C(1-C)}{\alpha^2 + \omega^2(1-C)^2} e^{\frac{-\alpha}{1-C}t} \right] \quad (10)$$

$$\text{avec} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\alpha \omega C}{\alpha^2 + \omega^2(1-C)^2}.$$

La contrainte présente donc une pseudo-périodicité modifiée par un terme exponentiel.

On peut rechercher les valeurs de ωt correspondant aux maxima et minima de cette contrainte et on trouve qu'ils sont donnés par les intersections successives d'une sinusoïde $\sin(\omega t - \varphi)$ et d'une exponentielle

$$- \sin \varphi e^{\frac{-\alpha}{1-C}t} \quad (\text{fig. 8}).$$

Les maxima successifs sont en $M_1 M_2 M_3 \dots$ et les minima en $m_1 m_2 \dots$ et leurs valeurs peuvent être calculées.

Elles ont la forme générale :

$$\sigma_M = E_s \left[1 - \sqrt{\frac{\alpha^2 + \omega^2}{\alpha^2}} \cos(\omega t - \psi) \right] \quad (11)$$

$$\text{avec} \quad \operatorname{tg} \psi = \frac{\omega}{\alpha}.$$

La discussion de ces résultats montre immédiatement que :

a) Il y a un déphasage des maxima de contrainte par rapport à ceux de déformation, cette dernière étant en retard, résultat expérimentalement bien connu.

b) Ce déphasage va en diminuant avec le nombre d'alternances, autre résultat connu. Il tend d'ailleurs vers φ .

c) La valeur limite vers laquelle tend le maximum de la contrainte est :

$$\sigma_{M \text{ limite}} = Es \left[1 + \sqrt{\frac{\alpha^2 + \omega^2}{\alpha^2 + \omega^2(1-C)^2}} \right]$$

qui est plus grand que 2 Es car $C < 1$.

La contrainte est donc supérieure à celle qui correspondrait en statique à la valeur 2 s de l'amplitude de déformation.

d) La contrainte la plus élevée est atteinte à la première alternance et approche de la valeur :

$$Es \left[1 + \frac{\alpha^2 + \omega^2(1-C^2)}{\alpha^2 + \omega^2(1-C)^2} \right]$$

qui peut être très grande par rapport à 2 Es.

e) Il résulte de cette dernière remarque que, si cette valeur est suffisante, une amorce de rupture peut se produire par exemple sur une hétérogénéité locale.

Un phénomène irréversible se produisant alors, une véritable déformation permanente apparaît. Tout se passe comme si l'exponentielle se trouvait relevée et le déphasage décroît moins vite. Si le mécanisme se répète, il peut même croître avec le nombre d'alternances.

Autrement dit, si le premier maximum est inférieur à une certaine valeur il apparaîtra une véritable adaptation, le déphasage allant en décroissant ainsi d'ailleurs que le maximum de contrainte. Si, au contraire, une amorce de rupture a lieu, le déphasage croît, le maximum de contrainte aussi et l'adaptation devient impossible.

f) La même discussion sur les minima de contrainte montre que, du fait de la viscosité, il apparaît des compressions dont la valeur va en croissant pour se stabiliser si l'adaptation a lieu.

La courbe de la figure 9 montre l'allure générale du phénomène dans ce cas.

Il est remarquable que l'on retrouve ainsi tous les caractères fondamentaux des phénomènes de fatigue.

Si l'on reprend les valeurs trouvées pour le

plexiglas, on constate que pour une déformation d'amplitude 2 s la contrainte la plus élevée atteint près de 20 Es, soit 10 fois la contrainte statique correspondante, alors qu'après adaptation la contrainte oscille encore entre 11 Es et — 9 Es.

Naturellement cet effet est d'autant plus marqué que la réactivité est plus importante, c'est-à-dire que α est plus petit et C plus grand. Le coefficient α étant petit par rapport à la pulsation ω correspondant aux phénomènes pratiquement rencontrés, la fréquence de la sollicitation n'intervient pratiquement pas.

Mais, même pour des corps comme les aciers pour lesquels il est permis de supposer que α est près de 100 fois plus élevé, on trouve encore pour la contrainte la plus élevée 2,19 Es c'est-à-dire que la rupture peut s'amorcer même pour une déformation qui, en statique, correspondrait à une contrainte nettement inférieure à la charge de rupture et le phénomène garderait le même aspect.

Une conséquence pratique fondamentale est que, pour obtenir une limite d'endurance élevée, il faut choisir un matériau dont la viscosité soit la plus réduite possible.

B) Cas d'un effort imposé périodique non alterné.

Un calcul tout à fait semblable peut être fait; dans ce cas les conclusions sont exactement du même ordre. Il y a encore un déphasage avec retard de la déformation sur l'effort, déphasage qui décroît au cours du temps sauf si le maximum atteint suffit à provoquer une déformation permanente.

Mais cette fois le maximum de la déformation est :

$$\frac{F}{ES} \left[1 + \sqrt{\frac{\alpha^2 + \omega^2(1-C)^2}{\alpha^2 + \omega^2}} \right]$$

qui est

$$< \frac{2F}{ES}$$

c'est-à-dire plus petit que la valeur statique correspondante et d'autant plus petite que le matériau est plus visqueux.

Pour un corps très élastique il se rapprocherait de $\frac{2F}{ES}$.

L'allure générale de variation est maintenant celui de la figure 10.

Il en résulte immédiatement que, contrairement au cas précédent, on a intérêt

pour obtenir une limite d'endurance élevée à choisir un matériau aussi visqueux que possible.

Répétons que ce mode de sollicitation est extrêmement rare dans la pratique. Il faudrait pour l'obtenir à l'état pur soumettre la matière à un champ de force sans aucune liaison mécanique.

Enfin, il est possible de traiter le problème du point de vue énergétique en calculant dans les deux cas le travail des contraintes pour chaque cycle du processus quasi périodique.

On trouve alors que ce travail comporte une partie réversible qui correspond à l'énergie potentielle de déformation et une partie irréversible représentant une énergie dissipée localement.

Elle décroît avec le temps et atteint une valeur constante si l'adaptation a eu lieu mais son accumulation provoque malgré tout la rupture au bout d'un nombre suffisant d'alternances.

Si, au contraire, l'adaptation n'a pas lieu, cette énergie dissipée va en croissant et la rupture survient beaucoup plus rapidement.

CONCLUSIONS.

L'introduction des termes de viscosité dans la déformation rend parfaitement compte des phénomènes de réactivité, du comportement paradoxal de certaines substances et enfin des phénomènes de fatigue dans leur aspect le plus typique.

Bien entendu, elle ne peut, à elle seule, expliquer tout le processus des ruptures de fatigue parce que celle-ci fait appel au domaine de la plasticité ou au moins des déformations irréversibles qui n'entre pas dans les équations de départ et aussi parce que la structure de la matière joue ici un rôle important.

L'étude complète montre, en effet, que les contraintes tangentielles, qui apparaissent du fait même de la viscosité, ont une répartition non homogène dans le solide, de même d'ailleurs que la contrainte normale, en sorte que des défauts très localisés peuvent jouer un rôle primordial sur l'amorce.

Il n'en reste pas moins vrai que la théorie permet d'expliquer le comportement

particulier des solides aux efforts variables.

Elle permet aussi de prévoir que suivant la nature de la sollicitation (déformation ou effort imposé) le choix du matériau doit être différent.

En particulier, pour le cas le plus général de déformation imposée, les matériaux dits plastiques ne semblent pas du tout favorables et en tout cas on devra choisir parmi eux ceux qui présentent le moins de réactivité donc le moins de viscosité possible.

Celle-ci dépendant essentiellement de leur composition, de leur degré de polymérisation et de leur structure moléculaire, nous pensons qu'il y a là un ensemble de conclusions susceptibles d'orienter le choix et de faire progresser utilement l'industrie des « plastiques ». La très grande généralité des sollicitations dynamiques impose un tel effort pour permettre aux matériaux nouveaux de s'introduire utilement dans la technologie moderne.

fig 1.

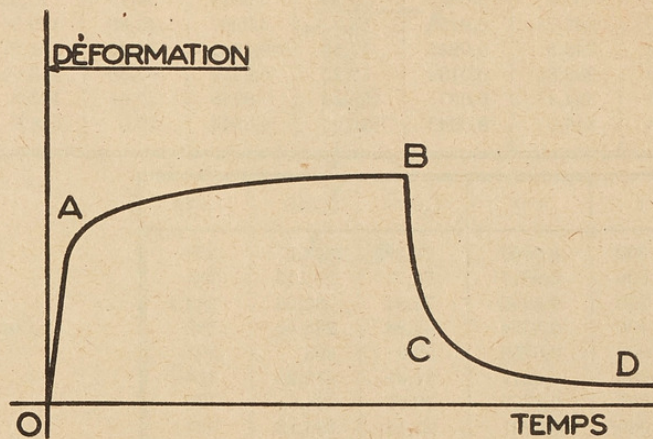
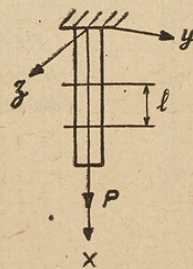


fig. 2

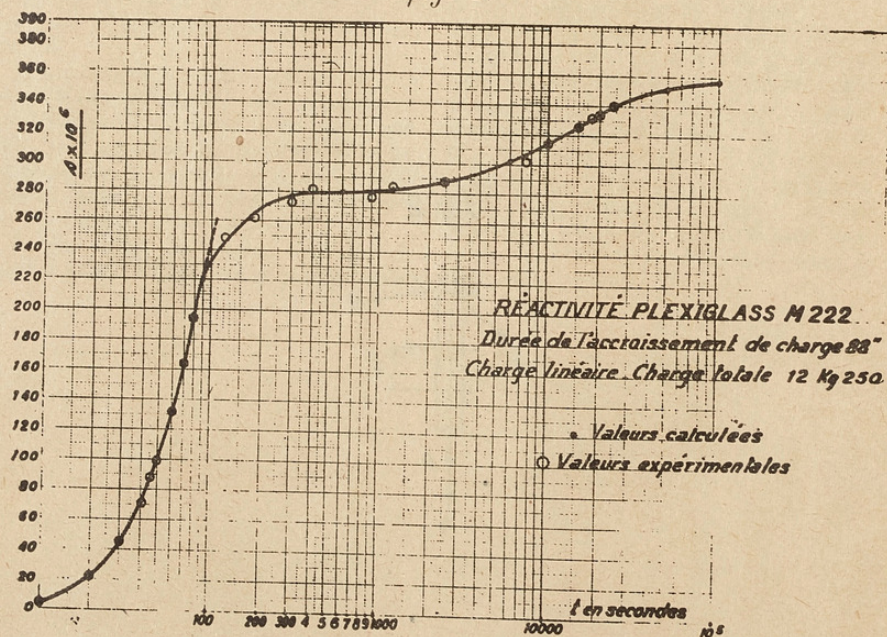


$t < t_1$	t	At	$e^{-a_1 t}$	$B_1(1-e^{-a_1 t})$	$e^{-a_2 t}$	$B_2(1-e^{-a_2 t})$	s calc.	s exp.
	10	40,55	0,5392	27,19	0,9993	9,73	3,63	4
	20	81,1	0,2906	41,88	0,9987	18,22	21,01	21
	30	121,65	0,1567	49,76	0,9981	26,42	45,47	45
	40	162,2	0,0865	53,99	0,9974	36,16	72,05	72
	50	202,75	0,0455	56,32	0,9967	45,89	100,54	100
	60	243,3	0,0245	57,56	0,9961	54,23	131,51	131
	70	283,85	0,0132	58,23	0,9955	62,58	163,04	164
	80	324,4	0,0071	58,59	0,9948	72,31	193,5	194
	88	356,9	0,0043	59	0,9943	79,3	218,6	218

t	t	$e^{-a_2 t}$	$C_2 e^{-a_2 t}$	s calc.	s exp.
	300	0,9807	78,29	278,61	274
	600	0,9617	76,77	280,13	281
	1 200	0,9249	73,84	283,06	283,4
	2 400	0,8554	68,28	288,62	287
	6 000	0,6753	53,9	303	303
	10 000	0,5217	41,64	315,26	314,7
	15 000	0,3767	30,07	326,83	327
	20 000	0,2721	21,72	335,18	334
	24 000	0,2097	16,76	340,14	340,5

fig. 3.

fig. 4.



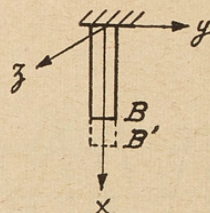


fig. 5

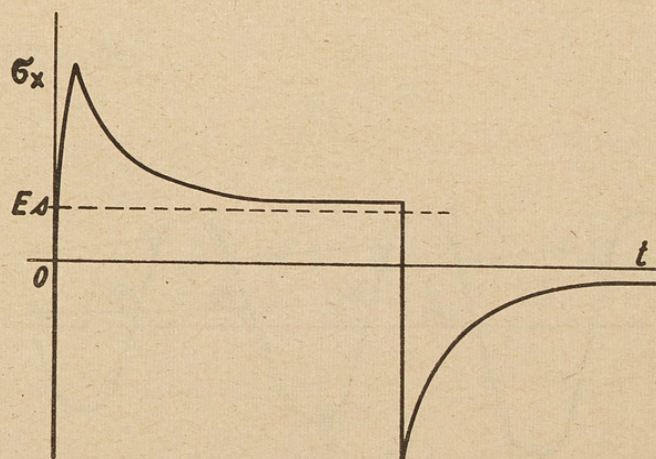


fig. 6.

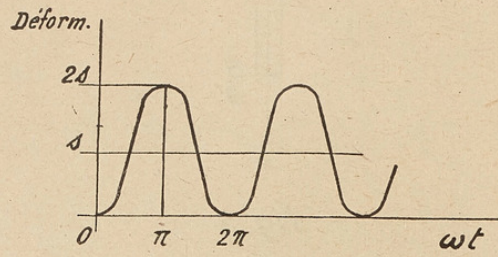


fig. 7

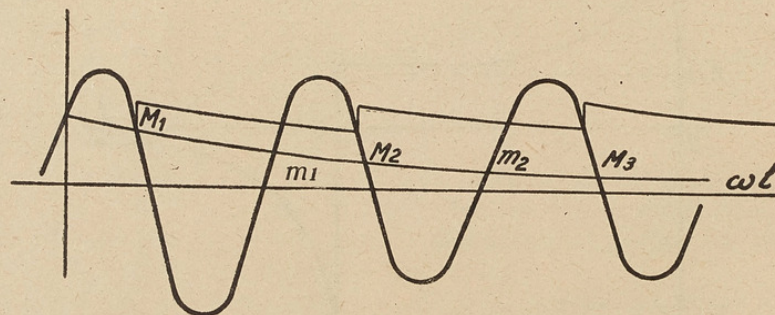


fig. 8.

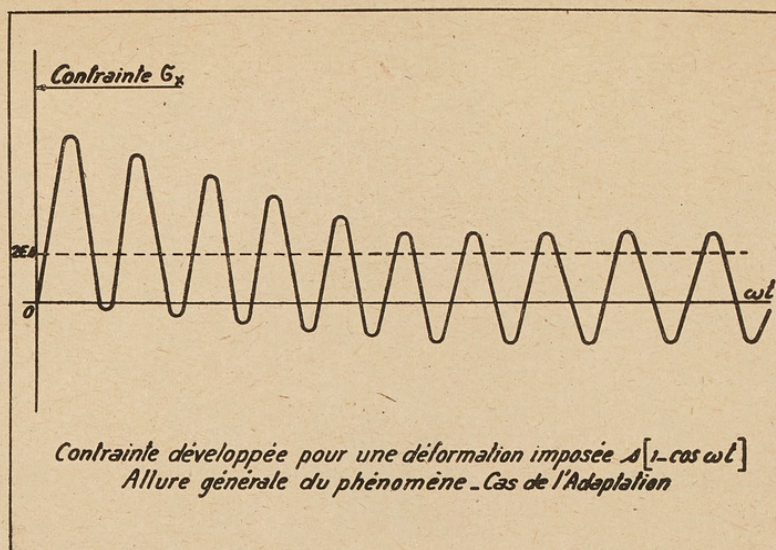


fig. 9.

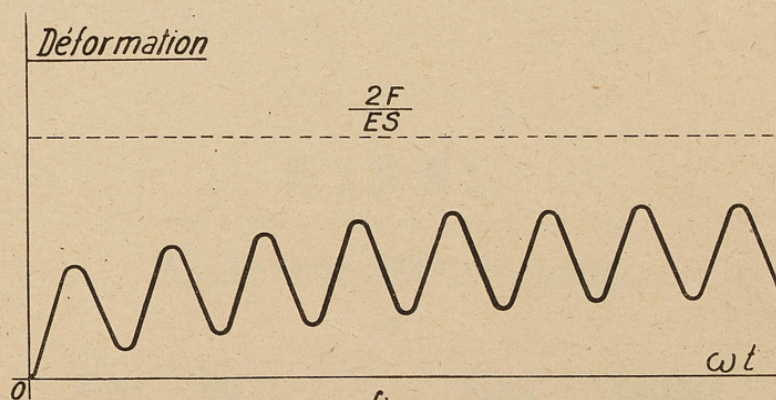


fig. 10

Déformation provoquée par un effort imposé $F(1 - \cos \omega t)$
 Allure générale du phénomène - Cas de l'Adaptation

Le Président de la Société, Directeur Gérant : A. CAQUOT.

D. P. n° 10803

Imprimé en France chez BRODARD ET TAUPIN, Coulommiers-Paris. — 11-1954.

C^{ie} DE FIVES-LILLE

POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ET ENTREPRISES

S. A. Capital 1.500.000.000 de Frs

7, Rue Montalivet, PARIS-8^e

Tél. : Anj. 22-01 et 32-40.

CONSTRUCTIONS
MÉCANIQUES
MÉTALLIQUES
ÉLECTRIQUES



COMPAGNIE INDUSTRIELLE
DES PILES ÉLECTRIQUES

CIPEL

Société Anonyme au Capital de 345.000.000 de Francs.

98 ter, Bld Heloise, ARGENTEUIL (S.-&-O.).

Piles " AD "

à grande capacité
pour SIGNALISATION
TÉLÉPHONES
TÉLÉGRAPHES
etc...

Piles " MAZDA "

ÉCLAIRAGE PORTATIF
AMPOULES
BATTERIES
BOITIERS
RADIO

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS EIFFEL

Constructions métalliques - Ponts et Charpentes

Entreprises Générales

Section Chaudronnerie (LEROUX et GATINOIS)

Chaudières, Réservoirs, Matériel routier
(Épandage, Stockage des Liants)

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

23, rue Dumont-d'Urville, PARIS 16°

USINE :

7, rue du Parc, BLANC-MESNIL.

Compagnie Générale de GÉOPHYSIQUE

Application des procédés tellurique,
électriques, sismiques, gravimétrique
aux recherches pétrolières, minières,
travaux de Génie Civil.

50, rue Fabert, PARIS (7°)

Téléphone : INVALIDES 46-24

Compagnie Française de Raffinage

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 6.000.000.000 DE FR.S.

R. C. Seine n° 239.319 B.

SIÈGE SOCIAL : **11, rue du Docteur-Lancereaux, PARIS (8°)**

RAFFINERIE DE NORMANDIE

à **GONFREVILLE-L'ORCHER (Seine-Inf.)**

RAFFINERIE DE PROVENCE

à **MARTIGUES (Bouches-du-Rhône)**

Société des Aciéries de **POMPEY**

61, rue de Monceau, PARIS (8°) — Tél. : LAB. 97-10 (10 lignes)

USINES : { POMPEY et DIEULOUARD (M.-et-M.)
 { MANOIR (EURE) — LORETTE (LOIRE)

ACIERS THOMAS, MARTIN et ÉLECTRIQUE
ACIERS FINS AU CARBONE et ACIERS ALLIÉS
ACIERS RÉSISTANT A LA CORROSION (acide et saline)
ACIERS MOULÉS A HAUTE TENEUR EN ÉLÉMENTS NOBLES
ACIERS FORGÉS (brides, pièces de robinetterie, pièces diverses)
ACIERS ÉTIRÉS et COMPRIMÉS
FONTES HÉMATITES — SPIEGEL — FERRO-MANGANÈSE

Tous Aciers de Construction et d'Outillage

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^e)

L'AIR LIQUIDE

SOCIÉTÉ ANONYME

Téléph. :
INV. 44-30 à 38

75, Quai d'Orsay - PARIS (7^e)

Télégr. :
AIRLIQUID-PARIS

Ses DIVISIONS & FILIALES exploitent 173 usines DANS LE MONDE

OXYGÈNE
AIR-AZOTE

COMPRIMÉS ET LIQUIDES



ARGON

GAZ RARES EXTRAITS DE L'AIR



ACÉTYLÈNE DISSOUS

INSTALLATIONS de PRODUCTION
DES GAZ CI-CONTRE
ET DE **SÉPARATION** DE TOUS
MÉLANGES GAZEUX PAR **LIQUÉFACTION**



RÉCIPIENTS POUR LE
TRANSPORT ET L'UTILISATION
D'OXYGÈNE ET D'AZOTE LIQUIDES



MATÉRIEL

POUR

SOUDAGE, TREMPÉ, OXYCOUPAGE, etc...

Consultez son « **SERVICE APPLICATIONS** » pour tous travaux de
Soudage, Oxycoupage, Décapage, Décriquage, Trempe superficielle au chalumeau
Emmanchement par contraction, Soudage en atmosphère d'Argon, Découpage à
la poudre, etc..., etc...

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CONSTRUCTIONS

BABCOCK & WILCOX

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 518.400.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 48, rue La Boétie, 48

PARIS (8^e) Téléphone : ÉLYSÉES 89-50



USINES :

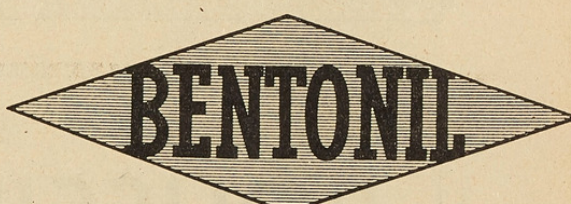
La Courneuve (Seine)

Cherbourg (Manche)

CHAUDIÈRES à VAPEUR - GROSSE CHAUDRONNERIE
RIVÉE ET SOUDÉE - MATÉRIELS POUR
RAFFINERIES DE PÉTROLE ET SUCRERIES



ACTISIL
TERRES DÉCOLORANTES
pour Huiles Minérales
Huiles Végétales



BENTONIL
BENTONITES
pour Emulsions
Forages-Fonderies-Etanchéité



Marque

DIAMANT

GLYCERINES

et
CHARBONS ACTIFS

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES GLYCÉRINES

Société Anonyme au Capital de 361.870.000 Frs

67, Bd Haussmann - PARIS (8^e) - Téléph. ANJOU 46-30 (20 lignes groupées)

USINES A MARSEILLE : 12, Chemin de Ste-Marthe - 75, rue Alfred Curtel • DÉPÔTS : PARIS - LYON - BORDEAUX - REIMS - ROUEN - LILLE

Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 1.808.000.000 de francs

56, rue du Faubourg-St-Honoré, PARIS (8^e)

Registre du Commerce Seine 54 B 4990

ENTREPRISES GÉNÉRALES en FRANCE, dans L'UNION FRANÇAISE et à L'ÉTRANGER

CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENT D'USINES HYDROÉLECTRIQUES
ET DE CENTRALES THERMIQUES

USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS

RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A HAUTE-TENSION

ÉLECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS - ÉLECTROBUS

RÉSEAUX D'ÉLECTRIFICATION RURALE

- CITÉS OUVRIÈRES - ÉDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU

AÉROPORTS - OUVRAGES D'ART

ROUTES - CHEMINS DE FER - TRAMWAYS

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17^e.

ALGER - CASABLANCA - TUNIS

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

BÉTON ARMÉ

TRAVAUX PUBLICS

CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

PROGIL

Société Anonyme au Capital de 1.200.000.000 de Francs

79, Rue de MIROMESNIL, PARIS 8^e. Tél. Laborde 91-60

PRODUITS CHIMIQUES

CHLORE ET DÉRIVÉS - SOUDE - SOLVANTS CHLORÉS, HYDROGÉNÉS ET DESHYDROGÉNÉS - HUILES DIÉLECTRIQUES "PYRALÈNES" - SULFURE DE CARBONE - PHOSPHATES DE SOUDE MONO, DI ET TRISODIQUE - PYRO ET POLYPHOSPHATES - SILICATES DE SOUDE ET DE POTASSE - MÉTASILICATES - PARADICHLOROBENZÈNE - OXYDE D'ÉTAIN - CHLORURES D'ÉTAIN ET DE ZINC - ACÉTATE DE PLOMB - ACIDES OXALIQUE ET FORMIQUE - FLUIDES DE CHAUFFAGE "GILOTERM".

CRYPTOGILS ET XYLOPHÈNES POUR LA PROTECTION DES BOIS

LUTTE CONTRE L'ÉCHAUFFURE, LES PIQURES D'INSECTES, LA MERULE ET LE BLEUISSEMENT DES RÉSINEUX

SPÉCIALITÉS POUR LE NETTOYAGE DU MATÉRIEL LAITIER ET DE LA VERRERIE

"PROGICLAIRS" ORDINAIRES ET ANTISEPTIQUES

SPÉCIALITÉS POUR TEXTILE ET TANNERIE

ADJUVANTS POUR TEINTURE, IMPRESSION ET BLANCHIMENT - SPÉCIALITÉS "GILTEX" - TANINS VÉGÉTAUX ET SYNTHÉTIQUES - HÉMATINES - TITANOR - "CRYPTOTAN"

PAPETERIE

CELLULOSE DE CHATAIGNIER BLANCHIE - PAPIERS D'IMPRESSION ET D'ÉCRITURE

Ingénieurs spécialisés et Laboratoires à la disposition de toutes Industries.

Notices sur demande adressée à PROGIL, 79, rue de Miromesnil, PARIS 8^e.

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^e)

TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM-PARIS

LE VIDE

LES RAYONS X

LA HAUTE TENSION

au Laboratoire

à l'Atelier

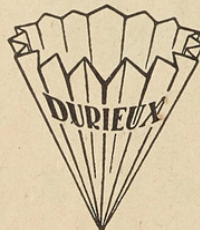


COMPAGNIE GENERALE DE RADIOLOGIE

DEPARTEMENT INDUSTRIEL

34, BOULEVARD DE VAUGIRARD — PARIS-XV°
SUF. 50-04

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52x52

SPECIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

N°s 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

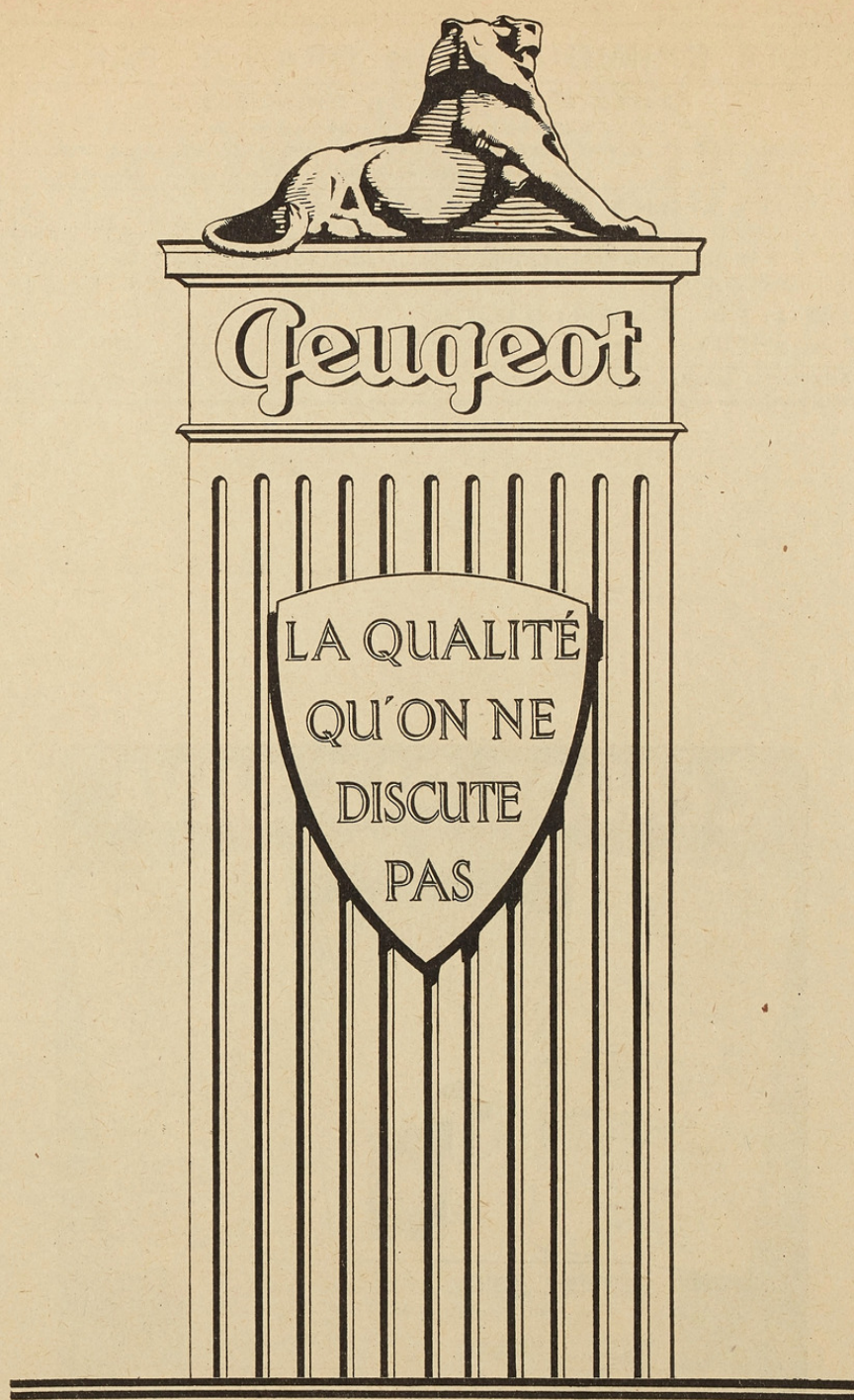
Téléphone : ARCHIVES 03-51

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

18, rue Pavée, PARIS (4°)

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





SOCIÉTÉ CHIMIQUE de la GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 622.090.000 FRANCS

SIEGE SOCIAL: 8, rue Cognacq-Jay - PARIS (VII^e) ♦ Tél.: INV. 44.30 à 44.38

R. C. Seine n° 43.092

Adr. Télégr.: GRANPARG-PARIS

R. P. C. A. Ouest n° 102

INSTALLATIONS D'USINES:

SYNTHÈSE DE L'AMMONIAQUE (Procédé Georges Claude) ENGRAIS AZOTES | HYDROGÈNE PAR CRACKING ET CONVERSION DES HYDROCARBURES

SYNTHÈSE DE L'ALCOOL METHYLIQUE

RECUIT BRILLANT (Licence I. C. I.)

DISTILLATION A BASSE TEMPÉRATURE (des schistes, lignites, etc.)

CRISTALLISATION DES SELS (Licence Krystal)

PRODUITS FABRIQUES:

AMMONIAC ANHYDRE

—:—:

ALCALI A TOUTS DEGRES

—:—:

ENGRAIS AZOTES

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

CLAUDE PAZ ET SILVA

Eclairage et Radio

LAMPES D'ÉCLAIRAGE
Toutes lampes à incandescence
Standard et Fantaisie TUNGSRAM
TUNGSRAM-Krypton
Lampes à flux dirigé CLAUDE-reflect
Lampes fluorescentes
CLAUDE-lumière
Lampes fluorescentes
CLAUDUNIT
pour l'éclairage industriel
Lampes à ballon fluorescent
pour l'éclairage des grands espaces
et voies publiques

TUBES ÉLECTRONIQUES
Tubes de remplacement
Européens - Américains
TUNGSRAM
Séries Noval et Miniature
Tubes cathodiques
CLAUDE-Radio
Licence R. C. A.

LAMPES SPÉCIALES
Ultra-violet - Infra-rouge
Signalisation - Balisage
Lampes à leur cathodique
Lampes de Mines
Lampes CLAUDE-Xénon
Indicateurs et limiteurs de tension
Lampes téléphoniques
LUTÈCE - LUMIÈRE

APPAREILS D'ÉCLAIRAGE
Luminaires - Réflecteurs
Lampes de bureau
Éclairage public
Matériel étanche
Matériel type Marine agréé

ÉCLAIRAGE DÉCORATIF
ENSEIGNES ET PUBLICITÉ LUMINEUSES
Tubes luminescents et
fluorescents en forme sur mesure
Toute la gamme des coloris
Alimentation de 25 à 250 mA

DÉPARTEMENT VENTES
FLUORESCENCE - KRYPTON - INCANDESCENCE - RADIO
112 bis, r. Cordinet - Paris 17^e - WAG. 29-85

DÉPOT PRINCIPAL et DÉMONSTRATIONS
55, r. Sainte-Anne - Paris 2^e - RIC. 77-80

DÉPARTEMENT LUMIÈRE
ÉCLAIRAGE DÉCORATIF - ENSEIGNES et PUBLICITÉ

DÉPARTEMENT ÉCLAIRAGE
ÉTUDES et DEVIS

SERVICES TECHNIQUES
8, rue Cognacq-Jay - Paris 7^e - INV. 96-10

AGENCES: Alger - Bordeaux - Lille - Lyon - Marseille - Nice - Rennes - Rouen - Strasbourg

ÉTABLISSEMENTS **KUHLMANN**

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 6.100.000.000 de FRS
Siège Social : 11, rue de La Baume, PARIS (8^e)

★

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 CERIUM - DÉRIVÉS DU PHOS-
PHORE - 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 3.316.800.000 Francs
Siège Social : 173, Boulevard Haussmann — PARIS (8^e)
R. C. Seine 60-343 - Téléph. : Élysées 83-70 - Télégr. : Elihu-42-Paris

Radiodiffusion - Radio-communications.
Télévision.

Haute Fréquence Industrielle.

Toutes les applications du Radar et des
Hyperfréquences.

Tubes électroniques - Tubes Ioniques -
Tubes Hyperfréquences.

Récepteurs de T. S. F. et de Télévision
Ducretet-Thomson.

Électrophones - Disques Ducretet-
Thomson.

Chauffage et Cuisine domestiques et pro-
fessionnels - Appareils ménagers - Appa-
reillage - Tubes isolateurs.

Mécanique moyenne de précision.

Fabrication de matériel frigorifique.

Réfrigérateurs électriques ménagers et
commerciaux.

Toutes variétés de Fils et Câbles électriques.

Applications médicales et industrielles des
Rayons X.

Tubes de radiologie.

Applications Industrielles du vide.