

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)
	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
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1968, n° 4
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1968

Collation	1 vol. (71 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	80
Cote	INDNAT (85)
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.85

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

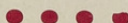
L'INDUSTRIE NATIONALE

*Comptes rendus et Conférences
de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale*

*fondée en 1801
reconnue d'utilité publique*



Revue trimestrielle
1968 - N° 4



SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

- I. **Les problèmes techniques posés par les grandes vitesses ferroviaires**, par M. Marcel GARREAU p. 3
- II. **Nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers**, par MM. A. GISLON et J.-M. QUIQUEREZ p. 21

ACTIVITES DE LA SOCIETE D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

- I. REMISE DU GRAND PRIX LAMY (1966) A LA S.N.C.F.
— *Introduction* par M. Jacques Tréfouël, *Président de la Société d'Encouragement* p. 47
— *Rapport* de M. Jacques Debré, *au nom du Comité des Arts Economiques* p. 48
— *Allocution* de M. André Ségalat, *Président de la S.N.C.F.* p. 49
- II. REMISE DE LA MÉDAILLE LOUIS-PINEAU (1966) À M. FRANÇOIS EMMANUELLI :
— *Allocution* de M. Jacques Tréfouël p. 53
— *Rapport* de M. Pierre Chaffiotte, *au nom du Comité des Arts Mécaniques* p. 54
- III. LISTE DES PRIX ET MÉDAILLES DÉCERNÉS POUR 1967 p. 55
- IV. RAPPORT DE M. JEAN BROCARD, AU NOM DU COMITÉ DES ARTS CHIMIQUES, SUR L'ATTRIBUTION DE LA MÉDAILLE LOUIS-PINEAU (1967) A MM. A. GISLON ET J.-M. QUIQUEREZ p. 62
- TABLE DES MATIERES (année 1968) p. 63
- INDEX DES AUTEURS (année 1968) p. 65
- REPERTOIRE QUINQUENNAL (années 1964-1968) . p. 67

Publication sous la direction de M. Jacques TREFOUËL

Membre de l'Institut, Président

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

Service et dépôt de la Revue : 15, rue Beauregard, Paris-2^e (Tél. 236-74-37)

Abonnement annuel : 28 F le n° : 7,50 F C.C.P. Paris, n° 618-48

Rédacteur en chef
J.-J. Papillon

Secrétaire de rédaction
T. Le Lionnais

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

1911-1912

Les problèmes techniques posés par les grandes vitesses ferroviaires

par M. Marcel GARREAU

Directeur, attaché à la Direction Générale de la S.N.C.F.

Il y a des auditoires devant lesquels il faut s'excuser de parler technique. Je sais que ce n'est pas le cas dans cette Maison. Je pensais, cependant, avoir à m'excuser de n'évoquer que les problèmes techniques. Je n'aurais pas voulu laisser croire que les grandes vitesses fussent l'affaire des seuls techniciens à la S.N.C.F., car elles sont l'affaire de tout le monde. Mais M. le Président Ségalat vient précisément de dire qu'elles entraient dans la politique même de l'entreprise : cela enlève tout complexe au technicien que je suis.

Je sais bien que les techniciens sont accusés parfois d'un certain goût pour la performance considérée comme un but en soi ; c'était en effet le cas en 1955 lorsque la S.N.C.F. s'est adjugé le record de vitesse sur rail. On peut dire qu'à ce moment les autres services de la S.N.C.F. assistaient à cette prouesse des techniciens un peu comme à un spectacle, mais aujourd'hui où la grande vitesse s'inscrit dans le Chaix tous les services sont concernés. Quand il s'agit

maintenant de relever la vitesse sur une relation, c'est, non seulement les Services de la Voie, du Matériel et de la Traction qui sont intéressés comme ils l'étaient pour le record du monde, mais ce sont aussi les exploitants et les économistes. Encore faut-il que les techniciens aient montré que le problème était passé sur la rive du possible et quand je dis « le problème » vous pensez bien qu'il n'y a pas qu'un problème, qu'il y en a un certain nombre. Je voudrais les passer rapidement en revue en essayant de dire pour chacun d'eux le point d'aboutissement actuel, définitif ou provisoire : car en technique on est plutôt dans le provisoire que dans le définitif, il reste toujours à faire soit pour améliorer, soit peut-être même pour remettre en cause les solutions antérieures.

Je dis tout de suite : le « Capitole » roule à 200 km à l'heure avec des locomotives de série, avec des voitures de série, sur une ligne ancienne qui n'est même pas en rails soudés, sous une caténaire ancienne qui n'avait pas été faite

pour lui. C'est donc un problème très différent de celui que les Japonais se sont posé lorsqu'ils ont fait leur ligne du Tokaido, entièrement nouvelle. Mais tout le matériel, fixe ou roulant, avait beau être parfaitement classique, jamais, je crois, décision technique n'a été précédée d'autant d'investigations. Avant la mise en service du nouveau Capitole en avril 1967, nous avons fait plus de 400 circulations d'essais à ces vitesses là.

Je ferai une autre remarque préalable pour définir ce que j'appelle grande vitesse ferroviaire. J'appellerai ainsi les vitesses supérieures à 160 km à l'heure, ce dernier chiffre étant maintenant considéré comme classique, normal, pour ne pas dire ordinaire. Au-delà de 160 la zone des vitesses qui a été très abondamment et très systématiquement étudiée, expérimentée, va de 160 à 250 km/heure. Vous voyez que le Capitole, avec ses 200 km à l'heure, est au milieu de cette zone et non pas à l'extrémité. Quant à la zone au-delà, celle comprise entre 250 et 330 km à l'heure, elle a été franchie, donc elle n'est pas du domaine du rêve, mais elle n'a pas fait l'objet de mesures systématiques, nous savons seulement que certaines extrapolations y sont possibles et c'est déjà quelque chose.

LES LOCOMOTIVES

Commençons, si vous voulez, par un aperçu sur les locomotives. Quand on parle de locomotives à grande vitesse on songe à la *puissance*. Il est certain que la puissance augmente très vite avec la vitesse. Voici (figure n° 1) des courbes qui indiquent pour différents matériels la croissance de la puissance nécessaire en fonction de la vitesse et voici en dernier une rame, d'ailleurs hypothétique, carénée, mais, même pour elle, l'augmentation de puissance est considérable. Quand on passe de 150 à 225 km à l'heure on multiplie les puissances nécessaires par trois environ. Le cliché suivant (figure n° 2) montre, je dirai en

contrepartie, ce qu'est la diminution des charges remorquables par une locomotive donnée, celle du Capitole, en palier avec du matériel classique. A 200 km à l'heure on peut théoriquement remorquer 590 tonnes ; je dis en palier à la vitesse d'équilibre avec 0 comme accélération ; ce n'est pas une charge en service, c'est une charge possible à l'équilibre. A 250 km à l'heure, on tombe au contraire à moins de 250 tonnes.

Et si maintenant nous considérons (figure n° 3), non plus la puissance, mais l'effort de traction en fonction de la vitesse, nous trouvons, bien sûr, une augmentation du même ordre, mais je ferai remarquer qu'à l'intérieur de cette résistance à l'avancement, la résistance qui ne dépend pas de l'air, la résistance qui dépend du frottement dans les boîtes d'essieux, qui dépend du roulement sur le rail, qui dépend peut-être aussi de quelques paramètres proportionnels à la puissance de la vitesse, représente quelque chose qui est aux grandes vitesses presque négligable. Autrement dit, si nos trains, au lieu de rouler sur rails, faisaient du rase-mottes, les puissances à mettre en jeu seraient du même ordre de grandeur.

J'ai dit qu'il s'agissait de locomotives absolument classiques ; ce sont des locomotives à quatre essieux moteurs, et il y en a plus d'une centaine de la même série en service ; on construit en ce moment de nouvelles locomotives à six essieux moteurs ; voici leurs caractéristiques, c'est-à-dire les courbes d'efforts en fonction de la vitesse (figure n° 4). On voit la zone qui est couverte par une BB actuelle et au-dessus celle qui sera couverte par la CC, environ 5.000 kw de puissance, qui viendra la relayer. Il suffit de regarder ces deux zones pour voir que la nouvelle locomotive se détachera de la précédente d'environ 30 à 40 % de plus.

Mais comme je l'ai dit, il s'agit pour l'instant de locomotives de grande série. Bien sûr, on a changé le rapport d'engrenage, c'est une évidence, on a changé leur démultiplication, mais on n'a rien fait d'autre. Comment cela se fait-il ? Eh

PUISSANCE NÉCESSAIRE AUX JANTES POUR VAINCRE LA RÉSISTANCE A L'AVANCEMENT

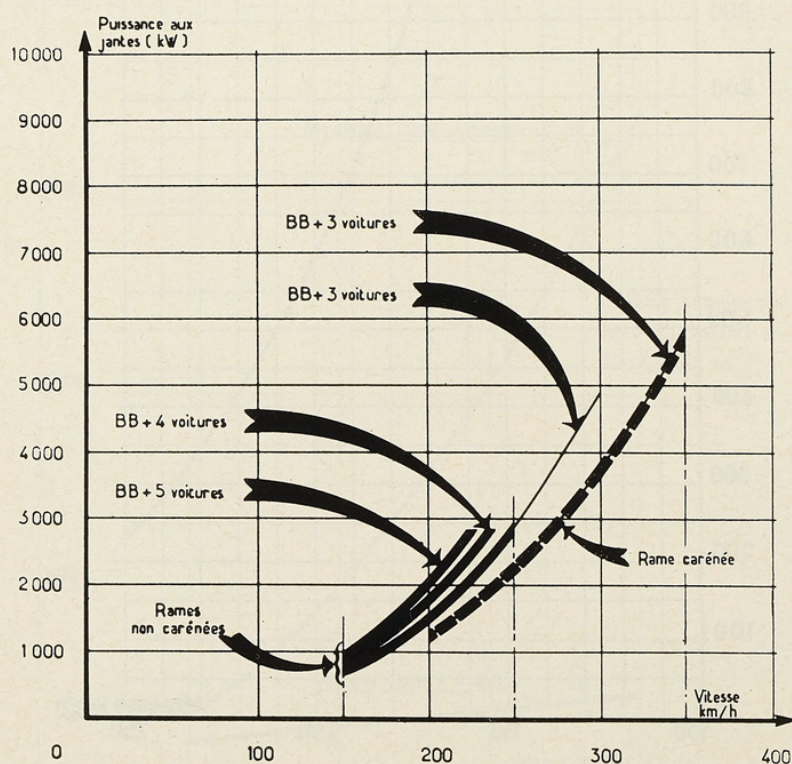


FIG. 1

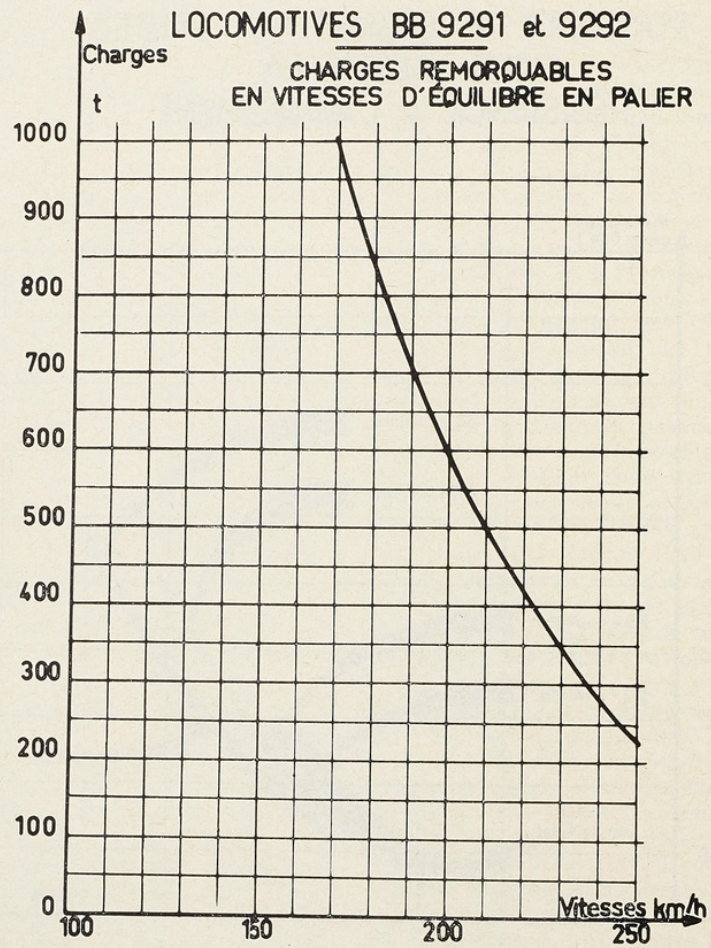


FIG. 2

RÉSISTANCE A L'AVANCEMENT EN PALIER
D'UN TRAIN DE VOYAGEURS DE 350 t.
REMORQUÉ PAR UNE LOCOMOTIVE BB de 80 t.

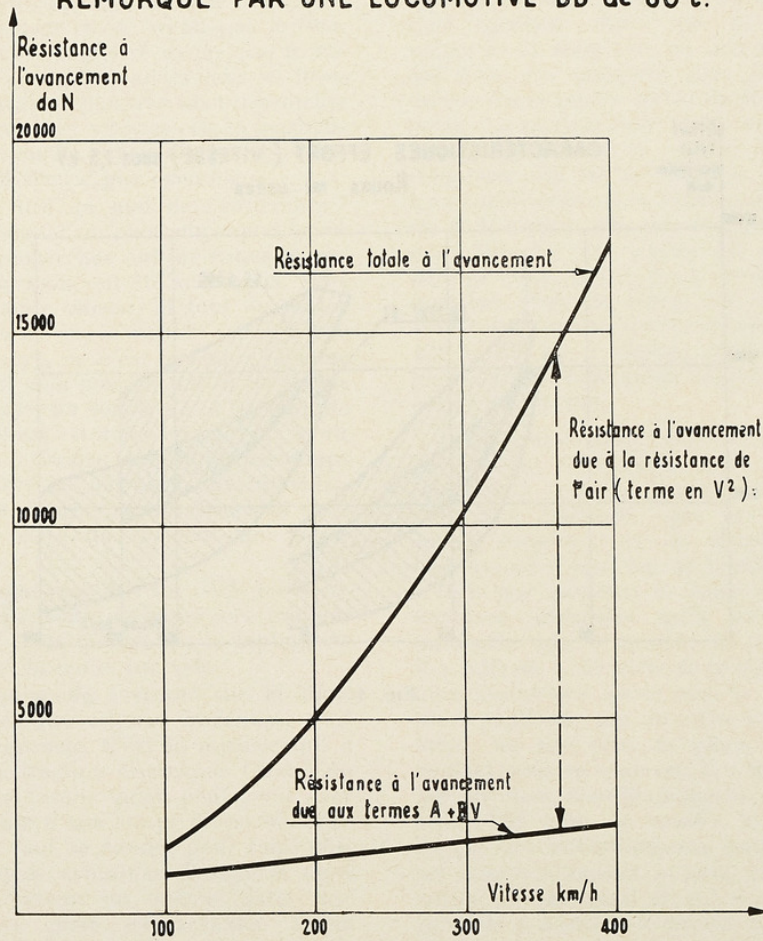


FIG. 3

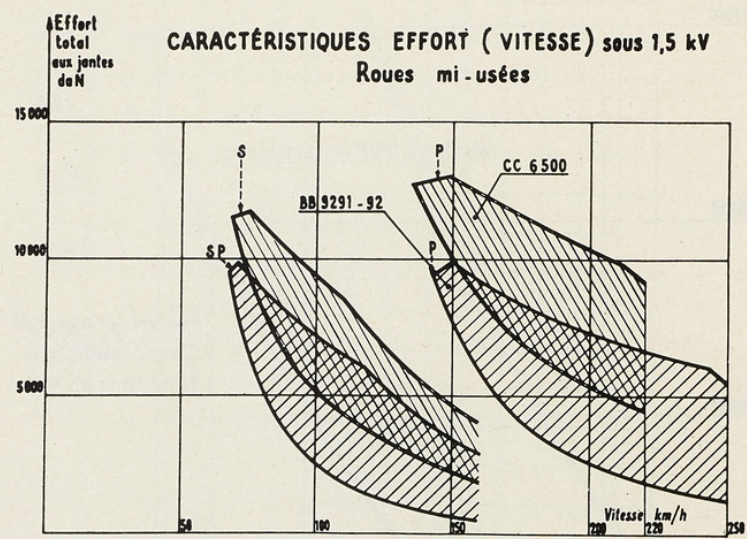


FIG. 4

bien, je crois tout simplement que l'évolution des locomotives s'était faite avant et les progrès qui avaient été réalisés dans l'augmentation de la puissance massique dataient déjà d'une époque où le 200 km à l'heure n'était pas un objectif actuel. Je ne vous raconterai pas comment tout cela s'est fait, je ne veux pas ici faire un cours de traction électrique. Non seulement ce ne serait pas le lieu, mais ce n'est peut-être même pas le sujet, car les progrès réalisés dans les locomotives avaient d'autres aboutissements que les grandes vitesses, et en particulier les trains de voyageurs lourds, comme le « Mistral » par exemple.

Faut-il dire un mot de *l'adhérence* ? C'est également un plan sur lequel beaucoup de recherches ont été faites, beaucoup de progrès ont été accomplis. Mais à très grande vitesse, et tout au moins dans la zone expérimentée jusqu'à 250 km à l'heure, ce n'est pas un problème aigu. Il est aigu pour démarrer les trains lourds : rater un démarrage d'un train de marchandises est une chose grave ; avoir à 250 km à l'heure et de temps en temps une amorce de patinage qui immédiatement se résorbe par un dispositif électronique, c'est un incident qui passe inaperçu.

Alors que reste-t-il du côté des locomotives qui soit spécifique aux grandes vitesses ? Deux questions : le captage du courant et la tenue sur voie.

Le *captage du courant* sur la ligne de contact aux vitesses normales, c'est déjà un miracle. C'est le miracle qui a permis la traction électrique. Quand on pense aux ennuis qu'on peut avoir avec les contacts d'une lampe de poche, et le mal qu'il faut se donner pour faire passer quelques centaines d'ampères dans un sectionneur ou même dans une cosse, on peut s'émerveiller qu'on puisse capter des milliers d'ampères, je dis bien des milliers d'ampères, en faisant frotter un archet de pantographe sur un fil gros comme le doigt ; mettons pour être exact deux fils de 1.500 volts. Et effectivement cela marche, et, si cela marche, c'est grâce au mouvement ; on dira alors : c'est grâce à la vitesse et

plus on ira vite mieux ça ira ; malheureusement, les miracles ne sont pas extrapolables à ce point. Je dois dire au contraire que, lorsqu'on s'est lancé au-delà de 160, on ne savait pas qu'un certain mur était presque devant nous. Un phénomène de résonance est apparu et, ce phénomène de résonance, on imagine bien qu'il puisse exister : une caténaire, c'est quelque chose qui a tout de même de la souplesse, et une souplesse qui n'est pas régulière, plus grande au milieu d'une portée qu'au droit des supports. Le pantographe excite cette caténaire, elle se met à osciller avec une fréquence qui lui est propre, qui tient à sa constitution, à la tension de ses fils et, si le temps mis par le pantographe pour franchir une portée est égal à la période d'oscillation, il y a résonance. La question était de savoir où elle était. Malheureusement, on l'a trouvée entre 170 et 180 km à l'heure, c'est-à-dire en plein dans la zone qu'on voulait franchir entre 160 et 200.

Je dis tout de suite : des remèdes assez simples ont été trouvés. Qu'il y ait des remèdes à tous les maux techniques, c'est une évidence ; que ces remèdes soient simples, c'est la chance, parce que, quand il s'est agi de la caténaire, il n'était pas question de faire des modifications profondes qu'il aurait fallu multiplier par le nombre de portées. Et il a suffi en 1.500 volts de remplacer certains isolateurs, qu'on appelle des isolateurs papillons, par un autre modèle qui laisse un peu plus de place au fil de contact pour se soulever, il a suffi d'alléger les bras d'antibalançants, il a suffi en 25.000 volts de couder les bras de rappel des antibalançants pour améliorer déjà la situation, et puis, une modification simple aussi et qui a été fondamentale a consisté à donner au plan de contact, à la pose, une certaine flèche, une flèche qui a été trouvée optimale à environ 1/1.000^e de la portée, c'est-à-dire environ 6 cm pour une portée de 60 mètres. Et, bien sûr, en même temps on « travaillait » le pantographe, on l'allégeait, on lui donnait de l'amortissement, ce qui est plus facile que d'amor-

tir la caténaire, et il est remarquable que des modifications somme toute assez légères aient permis de rendre utilisables à 250 km à l'heure des caténaires anciennes qui n'avaient jamais été conçues pour de pareilles vitesses.

Il est remarquable aussi de constater que la caténaire 25.000 volts, celle du « 50 périodes », se révèle meilleure aux très grandes vitesses que la caténaire 1.500 volts, et je dis que c'est remarquable parce que son extrême simplicité ne permettait aucun raffinement mécanique.

J'ajoute enfin que la grande vitesse n'est pas l'apanage de la traction électrique. Si jamais on devait trouver du côté du captage, non pas la petite difficulté que j'ai signalée, mais véritablement un seuil difficile à franchir, la traction autonome s'apprête à prendre le relais des très grandes vitesses et les expériences déjà faites avec des rames à turbines sont à ce point de vue pleines d'espoir.

J'ai dit captage et j'ai dit *tenue sur voies des locomotives*. Je ne sais pas ce qui a fait le plus de progrès, si c'est le comportement des locomotives, ou les moyens dont on dispose maintenant pour mesurer ce comportement. On dispose d'appareils et de méthodes de mesure très au point, aussi bien pour les charges verticales dynamiques, lesquelles diffèrent forcément des charges statiques, que pour les efforts transversaux ; on sait aussi ce que sont les limites à respecter. Voici, non pas l'enregistrement, parce que l'enregistrement est fait d'une multitude de toutes petites oscillations, mais un relevé des valeurs maximales qui ont été enregistrées (figure n° 5). Et je dis bien maximales. Quand le juge relève un oscillogramme, il ne fait jamais de moyenne, il ne prend que les pointes. Voici la limite admissible pour la locomotive du « Capitole », voici pour l'essieu 2, voici pour l'essieu 1, et vous voyez non seulement qu'on est dans une zone qui est de l'ordre de 50 à 60 % du maximum tolérable, donc avec une marge de sécurité importante et cela jusqu'à 250 km à l'heure, vous

voyez aussi que l'allure du phénomène est très rassurante, en ce sens qu'il n'y a pas d'inflection scabreuse. Voici d'autres courbes (figure n° 6) qui donnent la même mesure pour un autre type de locomotive (9.500 à bogies mono-moteur), où la marge est encore plus grande et où le phénomène d'accroissement des efforts transversaux avec la vitesse montre également la modération.

Je dirai, si vous voulez, pour illustrer ces chiffres que les locomotives actuelles exercent moins d'efforts à 250 km à l'heure que n'en exerçaient les dernières locomotives 2D2 de Paris-Lyon en 1950 à 130 km à l'heure.

J'ai dit qu'on relevait les efforts verticaux aussi, je n'ai pas donné de chiffres, c'est pour la raison suivante : c'est d'abord parce que ces variations d'efforts autour de la charge statique sont relativement faibles, c'est aussi parce que chance veut (il doit y avoir autre chose que la chance là dedans parce que c'est systématique) que les délestages qui pourraient être scabreux du côté de la sécurité ne coïncident jamais avec les efforts latéraux importants, et cela c'est absolument sans exception : les fortes valeurs de l'effort transversal coïncident avec une surcharge dynamique de l'essieu et j'ajouterai que, lorsqu'on calcule la limite d'après une certaine formule qui tient compte du poids de la machine, on prend le poids statique, on ne prend pas le poids dynamique majoré, ce qui est encore dans le sens de la sécurité. Et enfin, je dirai que les limites qu'on s'impose sont relatives à des voies déconsolidées pour l'entretien par soufflage, autrement dit les très grandes vitesses n'apportent pas de sujétions dans les méthodes d'entretien de la voie et n'obligent pas à réviser ces méthodes.

LES VOITURES

Un mot des voitures. J'ai dit qu'elles étaient classiques, tout à fait semblables au parc de voitures U.I.C. sur les mêmes bogies. Tout ce qu'on a fait pour les dis-

LOCOMOTIVE BB 9291. VARIATION DES EFFORTS LATÉRAUX EN FONCTION DE LA VITESSE

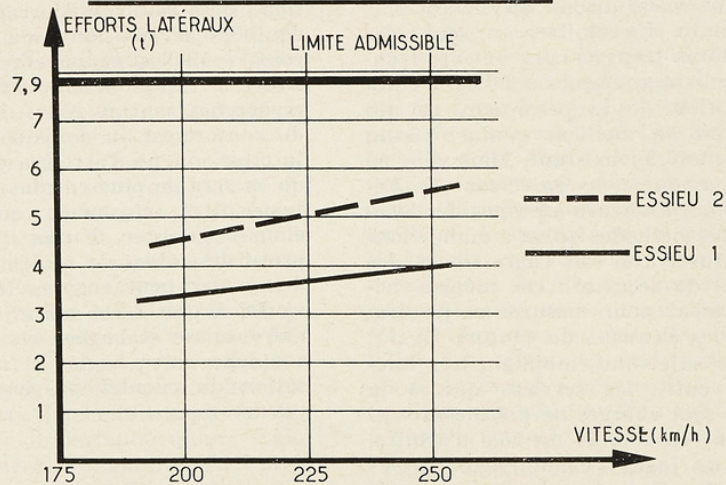


FIG. 5

LOCOMOTIVE BB 9531. VARIATION DES EFFORTS LATÉRAUX EN FONCTION DE LA VITESSE

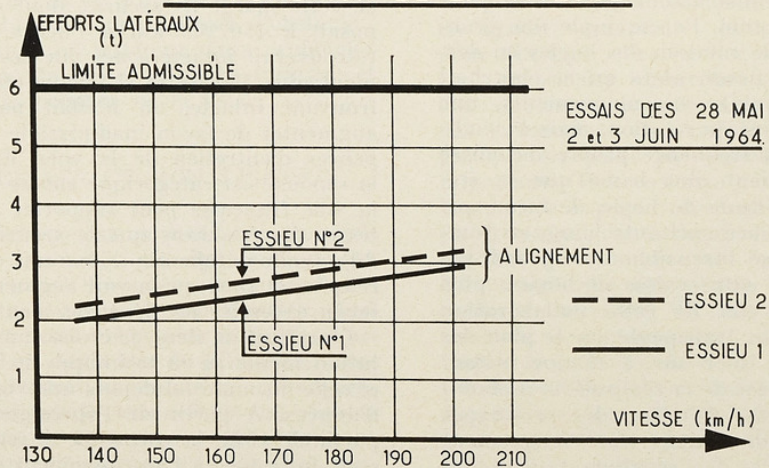


FIG. 6

tinguer des autres aux yeux des voyageurs, c'est de les peindre en rouge ; je crois que la couleur a plu. Quant à la tenue sur voies, disons qu'elle est très satisfaisante. Un chiffre, un seul : les accélérations transversales ont été trouvées au maximum égales à 0,08 g, g étant l'accélération de la pesanteur, ce qui correspond au meilleur confort connu dans le matériel existant. Mais cela ne signifie pas que nous en restons là. J'évoquais tout à l'heure à propos des locomotives les méthodes qu'on a maintenant pour mesurer à la fois l'agression et les questions de sécurité : ces mêmes méthodes valent pour mesurer et je dirai discuter les éléments du confort. Et il y a eu à ce sujet une émulation très intéressante entre les services qui, à la S.N.C.F., sont chargés de ces mesures et qui jouent en somme un rôle d'arbitre, un rôle de juge, d'examineur, et les services d'études chargés de concevoir les bogies. Les premiers ne se sont pas contentés de donner une note au matériel qu'on leur présentait. A force d'investigations et dans des démarches où la théorie et l'expérience, successivement, se faisaient, si je puis dire, la courte échelle, ils sont arrivés à dégager un certain nombre de principes pour la conception des bogies — je ne dis pas pour leur construction, je dis bien pour leur conception. Par exemple une grande liberté de rotation des bogies en dessous des caisses, alors qu'on cherchait plutôt à freiner ces mouvements, une grande liberté de rotation, mais à condition que la fréquence propre de caisse soit nettement plus basse que la fréquence excitante du bogie, de façon que cette fréquence excitante laisse en somme la caisse insensible ; un grand jeu transversal entre caisse et bogies, plus de pivots, etc. Et cette collaboration dont je parle, transposée sur le plan des études avec, bien sûr, à chaque instant les contraintes de la réalisation, a abouti à deux sortes d'études, des prototypes ont été construits, très longuement expérimentés, des résultats tout à fait remarquables sont actuellement enregistrés à la fois du côté de la tenue sur

voies, du confort intérieur et de l'insonorisation. Un choix vient d'être fait, des commandes sont en cours d'exécution, des voitures à grandes vitesses équipées de ces nouveaux bogies sortiront en 1969 et renouvelleront en particulier le « Capitole » actuel. Et d'autres recherches sont en cours, l'amélioration du confort est un domaine dans lequel, je crois, on ne s'arrêtera jamais, parce qu'on sera de plus en plus exigeant et à juste titre, et même quelque chose d'aussi classique, d'aussi éprouvé que le profil des tables de roulement, le profil des jantes peut encore être remise en cause. A plus forte raison les couplages entre caisse et bogies, ou plutôt le découplage entre bogies et caisse, l'utilisation du caoutchouc, les suspensions pneumatiques, etc.

LA VOIE

Je passe maintenant à la voie, c'est-à-dire que je voudrais parler de la *résistance de la voie aux grandes vitesses*. J'ai dit que le matériel s'y comportait bien, mais qu'est-ce que « sent » la voie, comment réagit-elle ? Là encore, il y avait une part qui n'était pas absolument connue, on pouvait se demander si, cette marge de sécurité dont on disposait à 150/160 km à l'heure, on la retrouverait intacte à des vitesses nettement plus élevées et si, même en la retrouvant intacte, on n'allait pas voir augmenter de façon inadmissible les dépenses d'entretien de la voie. Eh bien la réponse est catégorique sur ce point : la voie française peut supporter ces vitesses élevées, sans que la sécurité traditionnelle du chemin de fer soit en rien réduite, et sans qu'on voit augmenter de façon excessive les dépenses d'entretien.

L'explication tient, je crois, dans l'évolution même de la technique de la voie et celle du matériel depuis une vingtaine d'années. A partir de l'après-guerre, à partir de 1945, la voie a dû se renforcer pour faire face à l'accroissement du trafic, pour faire face également aux concentrations de trafic sur certaines

relations, trafic dans lequel intervenaient de vieux véhicules assez offensifs. Cet accroissement de robustesse de la voie c'est le passage du rail de 46 kg au rail de 50 kg, puis de 60, c'est l'emploi de nouvelles attaches élastiques qui améliorent la fixation du rail et qui fatiguent moins, c'est la réduction des défauts de voies, etc., mais en même temps le matériel roulant, et j'y ai fait allusion tout à l'heure, moteur et remorqué, faisait de grands progrès, et surtout le matériel à grandes vitesses, en sorte que pour celui-ci la marge de sécurité actuelle reconstitue celle qu'on connaissait autrefois et nos collègues de la voie disent, je les cite : « Les nombreuses mesures faites permettent de dire qu'actuellement un train de voyageurs circulant à 200 km à l'heure exerce sur la voie moderne des efforts moins importants qu'un train lourd de minerai circulant à 70 km à l'heure. » Les normes d'entretien qui étaient valables à 150 km à l'heure ont été conservées, elles représentaient d'ailleurs un excellent niveau de qualité, niveau nécessaire non pas seulement pour les circulations rapides, mais niveau nécessaire et payant pour toutes les circulations.

Alors serait-ce donc que de tous côtés : locomotives, voitures, voie, le passage de 160 à 200, voire 250 km à l'heure, se serait fait sans rencontrer d'obstacle ? Hélas non, on bute sur deux problèmes qui sont de taille, celui du freinage et celui des courbes de la voie.

FREINAGE ET SIGNALISATION

Le freinage est un problème essentiellement connecté à la signalisation ; on peut dire qu'il y a un couple de deux problèmes : *freinage et signalisation*. Jusqu'à 120 km à l'heure, les distances d'arrêt étaient de l'ordre du kilomètre. Avec une signalisation établie en conséquence, tout allait bien. Peut-être faut-il s'étonner de penser que tout allait bien encore à 160. Cela ne s'est pas fait sans compliquer les équipements de freinage des trains. Il a fallu tirer le meilleur

parti de l'adhérence entre la roue et le rail en freinage ; cette adhérence, qui est difficile à cerner et qui est une grandeur statistique, il a fallu essayer de la « tangenter » sans prendre de risque. Il faut également tenir compte de ce que le coefficient de frottement des sabots sur les roues est quelque chose qui dépend de la vitesse, d'où l'invention d'un frein à deux étages de puissance, l'invention également d'un frein à commande électrique, donc instantanée, pour améliorer la maniabilité, et puis en même temps, à l'occasion des nouvelles installations de bloc automatique, on a augmenté quelque peu les distances d'arrêt, je veux dire les distances d'implantation des signaux, et c'est l'ensemble de ces mesures qui a permis d'atteindre un équilibre signalisation-freinage à 160 km à l'heure comme on l'avait à 120.

Mais, quand on franchit ce seuil de 160 km à l'heure, le problème change fondamentalement d'aspect. Ce n'est plus l'adhérence qui donne sa limite, des phénomènes thermiques apparaissent et ils se traduisent par des détériorations des jantes ou par une usure considérable des semelles de freins. Avec des sabots en fonte on ne peut plus utiliser ce qu'on appelle le frein de haute puissance et qui était notre ressource jusqu'à 160 km à l'heure. Quand aux semelles en matière composite, tout au moins pour l'instant, elles ne tiennent pas ; il faut encore des recherches. Je parle là des voitures remorquées. Quand on parle des locomotives c'est encore plus grave puisque les poids par essieu sont plus importants. Heureusement, il y a sur la locomotive l'appoint du frein électrique (le freinage rhéostatique). En fait, en gardant des semelles en fonte, en ne demandant que des efforts de freinage modérés entre 200 et 160, je dis bien modérés, en ayant recours au frein électrique de la locomotive, on a un Capitole à l'abri des ennuis techniques, mais à condition, bien sûr, d'avoir augmenté, et considérablement, les distances de signalisation, donc une signalisation spéciale, une signalisation qui est à trois cantons au lieu d'un : deux cantons

pour descendre de 200 à 160 km à l'heure, et puis un troisième dans lequel on est ramené, j'allais dire, au problème précédent.

Fallait-il qu'une telle signalisation à trois cantons fût une signalisation latérale avec des signaux visibles de tous les trains ? On a préféré faire une signalisation de cabine : le mécanicien a sous les yeux un cadran où s'affiche en permanence la signalisation qui lui est propre (soit vitesse-plafond, soit 160). Il a même sous les yeux une rampe lumineuse qui lui indique l'écart entre sa vitesse réelle et la vitesse théorique à ne pas dépasser. Et puis on a ajouté un contrôle automatique qui vérifie, quand il ralentit de 200 à 160, qu'il n'enfreint jamais une certaine courbe théorique de ralentissement, faute de quoi l'automatisme opérerait à sa place et déclencherait un freinage d'urgence.

J'ouvre ici une toute petite parenthèse pour dire qu'en dehors de cette automatisme qui surveille le mécanicien et qui l'assiste en cas de défaillance, on a introduit également des automatismes pour la commande de la traction. Le mécanicien dispose d'un équipement automatique : il se contente de demander une certaine vitesse et, sans avoir à choisir le cran de l'équipement correspondant, l'automatisme se débrouille à sa place pour faire le nécessaire, quels que soient la charge du train, le profil, etc. Ainsi le conducteur d'un train à grande vitesse, et cela que ce soit sur Orléans-Vierzon avec le « Capitole » ou que ce soit sur les 49 trains aller et retour par jour du « Tokaido », il se trouve dans des conditions qui lui permettent d'exercer son attention d'une façon constante sans besogne matérielle qui le dérangerait, il est guidé par les rails, cela nous le savons, il voit les signaux dans sa cabine même, il est assisté par l'automatisme, au besoin il est secouru par elle, il est dans des conditions qui n'ont absolument plus rien à voir avec celle d'un conducteur routier.

Mais revenons au freinage et à la signalisation. Ce que j'ai dit concernait

les arrêts sur signaux, c'est-à-dire les arrêts dans lesquels la signalisation permet précisément de prendre son temps. Restait le freinage d'urgence, celui que le mécanicien doit opérer lorsqu'il aperçoit la « torche » rouge, symbole de danger. Il fallait tout autre chose : il fallait quelque chose qui soit indépendant de l'adhérence et qui ne soit pas une agression pour les roues. C'est là qu'intervient le frein électromagnétique, c'est-à-dire des patins d'environ un mètre de long, articulés, portés par les bogies des voitures et qui s'appliquent magnétiquement sur le rail, échappant par conséquent à toutes les sujétions dont je viens de parler. Je ne dis pas que l'essai s'est fait sans appréhension pour le rail lui-même, mais ces craintes heureusement se sont très vite dissipées. Je dirai même que tout récemment ce frein magnétique qui, sur Orléans-Vierzon, n'est toléré que comme frein d'urgence, est maintenant accepté comme un adjuvant du frein classique pour le respect des signaux. Cela introduira une nouvelle souplesse dans cette corrélation freinage-signalisation.

Un mot encore des passages à niveau : presque tout le monde, sans doute, y pense. Des Aubrais à Vierzon les passages à niveau sont gardés, ils sont munis du dispositif d'annonce classique avec voyants et sonneries et, pour que le délai d'annonce normal fût respecté par les trains à grande vitesse, il fallait bien entendu que la pédale d'annonce fût placée plus loin, puisque le train va plus vite, et, comme il ne faut pas non plus que la route soit condamnée trop longtemps lorsqu'il s'agit d'un train lent, il fallait une autre pédale plus rapprochée pour les trains lents. Et comme ces pédales ne savent pas, enfin ne savent pas encore, reconnaître les trains rapides et les trains lents, il a fallu une troisième pédale que j'appellerai la pédale n° 1, en amont encore de celle-ci. C'est le temps mis par le train pour aller de la pédale n° 1 à la pédale n° 2 qui mesure la vitesse et qui, ou bien neutralise, ou bien rend active cette pédale n° 2 qui est propre aux trains rapides.

Voilà donc très rapidement brossée la situation actuelle : régularisation des temps d'annonce aux passages à niveau et pour le couple freinage-signalisation, une signalisation de cabine étalée sur trois cantons, ce qui permet de conserver un frein classique, et d'en user avec modération, enfin un frein d'urgence à patins électromagnétiques.

La signalisation de cabine est réalisée avec des courants de quelques centaines de périodes qui circulent directement dans le rail et qui sont captés par la locomotive ; cela donne satisfaction, mais d'autres études se poursuivent. Du côté du freinage, on étudie notamment le frein à disque avec des anti-enrayeurs électroniques, et, du côté de la signalisation, on oriente les études vers l'emploi d'un support de transmission indépendant des rails qui, avec des puissances en jeu nettement plus faibles, permettra de multiplier le nombre d'informations entre voie et machines.

LES COURBES

Et j'arrive au dernier sujet : *le franchissement des courbes*. Ce n'est pas le plus réjouissant dans l'état actuel du réseau, je n'ai pas besoin de le dire. C'est celui-là qui limite actuellement la vitesse des trains. Nos lignes ont des courbes parce qu'elles ont été tracées à une époque où il n'était pas question de circuler à 200 km à l'heure et que surtout on avait recours aux courbes pour adoucir les rampes. Les Japonais ont fait l'inverse sur le « Tokaïdo » : des rampes plutôt que des courbes. Nous avons donc des courbes. Tout le monde sait qu'on peut relever les virages, mais nous avons aussi des trains lents, nous avons des trains de marchandises qui seraient terriblement offensifs pour le rail intérieur si on réalisait un dévers adapté aux trains rapides. Il faut donc prendre un compromis, c'est-à-dire il faut faire circuler les trains rapides avec une insuffisance de dévers en courbe. Il en résulte pour les voyageurs une accélération centrifuge non compensée, et pour assu-

rer un bon confort (je dis bien bien un bon confort), ce n'est pas une question de sécurité, il faut limiter cette accélération transversale. On la limite à 0,15 g, à la rigueur 0,16 g. Alors, par voie de conséquence, cela fixe une limite de vitesse pour un rayon de courbe donné, ou, si vous préférez, un rayon de courbe minimal pour une vitesse donnée lorsqu'on se fixe en même temps un certain niveau de trafic marchandises. Voici un chiffre qui illustre l'ensemble ; pour circuler à 200 km à l'heure, sur une ligne où existe un trafic marchandises de l'ordre de 20.000 tonnes par jour, il faut un rayon d'au moins 1.700 mètres, et enfin il faut, de part et d'autre de la courbe, ménager des raccordements, parce que le corps humain n'est pas seulement sensible à l'accélération, c'est-à-dire à la dérivée seconde, il est sensible à la dérivée troisième, c'est-à-dire à la variation d'accélération.

Je répète que toutes ces limites sont commandées par le confort et non par la sécurité. La résistance latérale de la voie pourrait accepter des insuffisances de dévers nettement plus grandes. Mettez 0,25 au lieu de 0,15, 250 mm d'insuffisance de dévers au lieu de 150. Voilà les ordres de grandeur de ce qu'il serait possible d'accepter du côté sécurité. Mais alors il faudrait soustraire artificiellement les voyageurs à l'accélération centrifuge : c'est l'idée des voitures à caisse inclinable, inclinable vers l'intérieur de la courbe bien sûr, et automatiquement en fonction du rayon de la courbe et de la vitesse. Si de telles voitures effaçaient le problème du confort, l'insuffisance de dévers ne serait plus limitée que par la condition de sécurité. Une courbe de 1.000 mètres de rayon pourrait être franchie à 190 km à l'heure, au lieu de 160 actuellement. La géographie de nos lignes s'en trouverait transformée. Cette inclinaison des caisses pourrait être, soit naturelle comme un pendule, soit asservie. Des études sont en cours pour les deux systèmes, je n'en dis pas davantage.

Ainsi nous venons de faire, à grande vitesse nous aussi, le tour des princi-



FIG. 7

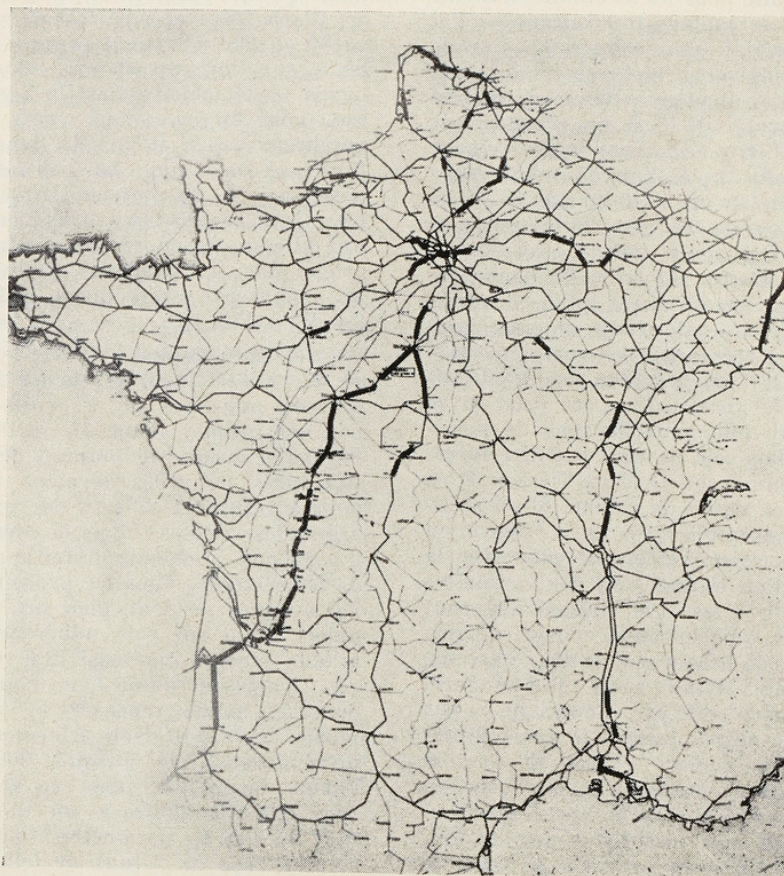


FIG. 8

paux problèmes techniques. Nous avons vu qu'au-delà de 160 km à l'heure beaucoup de problèmes changent d'aspect. Bien sûr les difficultés augmentent, mais, dans cette bande connue de 160 à 250 km à l'heure, nous n'avons pas rencontré tellement de discontinuité, pas de discontinuité pour les locomotives, même pas pour le captage du courant — j'ai dit que c'était une chance — pas de discontinuité pour la tenue du matériel sur la voie, ni pour la tenue de la voie sous le matériel. C'est un résultat très important. Il y a la question du freinage et celle du tracé. Sur de nombreuses voies, alors qu'on n'atteint pas la limite imposée par le tracé, on bute sur la limite du freinage à cause de la signalisation existante. Alors le frein électromagnétique, maintenant qu'il est admis en service normal sur les signaux, permettrait de franchir ce premier seuil. Au-delà il faut accepter une modification de la signalisation, et cela ouvre d'un coup une nouvelle zone de possibilités. Mais cela ne veut pas dire forcément comme sur Orléans-Vierzon trois cantons et signal de cabine. Si on se limite par exemple à 180 km à l'heure, on peut très raisonnablement conserver la signalisation latérale, on peut admettre qu'à cette vitesse le mécanicien peut l'observer, on peut aussi considérer que, n'ayant plus besoin que de deux cantons, c'est-à-dire d'une seule pré-annonce, l'existence de cette pré-annonce ne va pas gêner les autres trains: je crois plutôt qu'elle leur rendra service. Et c'est là une solution économique, une solution très intéressante si cette vitesse plus modeste peut être maintenue sur de longues distances au prix, s'il le faut, de quelques travaux pour corriger les points singuliers qui tuent l'horaire. Voici une carte (figure n° 7) sur laquelle il y a l'ensemble des sections qui peuvent être parcourues actuellement à 160 km à l'heure, je ne dis pas qu'elles sont toutes parcourues à 160 km à l'heure, je dis que c'est l'ensemble des sections sur lesquelles, compte tenu du tracé, on peut faire du 160 km à l'heure, il n'y a que le paramètre tracé qui soit inter-

venu pour l'établissement de cette carte, et voyez qu'elle est tous azimuts. La carte suivante (figure n° 8) est relative aux lignes qui peuvent, d'après leur tracé, supporter 180 ou 200 km à l'heure. Voici le petit bout d'Orléans-Vierzon; on voit que, sur une ligne comme Paris-Lyon qui est tourmentée du fait du relief (Paris-Dijon en particulier), les zones à 180 ou 200 n'existent presque pas; à peine sur Paris-Strasbourg. Alors deux lignes se détachent: c'est la ligne d'Alsace pour laquelle nous avons fait de nombreux essais et puis la ligne Paris-Bordeaux-Dax qui est véritablement notre ligne à très grandes vitesses possibles. Quand je dis 200 km à l'heure, c'est une vitesse qui en certains endroits est grignotable, la meilleure preuve, c'est les nombreux essais qu'on a faits, je l'ai dit, à 250.

Au-delà de 250 km à l'heure le chemin de fer a certainement encore des ressources, mais pas sur les voies tracées par nos grands aïeux. M. le Président Ségalat a évoqué le jour où des infrastructures nouvelles seraient décidées pour le transport collectif des voyageurs à grandes vitesses; dans la compétition il a dit que le chemin de fer apporterait de bons atouts. Tous les problèmes que j'ai évoqués seraient, bien sûr, à extrapoler: tenue sur voie, adhérence à très grande vitesse, carénage des véhicules, etc... S'agissant d'une ligne nouvelle on pourrait même repenser la structure même de la voie, son armement, mais nous savons que, jusqu'à 300 km à l'heure au moins, nous ne rencontrerons rien d'analogue à un quelconque mur du son. Le paramètre à déterminer comme base de l'étude de telles lignes nouvelles serait évidemment le rayon minimal des courbes qui commande le tracé; celui-ci ne serait pas le même suivant qu'on envisagerait l'emploi exclusif d'un matériel nouveau spécialisé ou la possibilité d'utiliser simultanément du matériel classique, je dis du matériel classique voyageurs, étant entendu que le trafic marchandises serait exclu d'une telle infrastructure. La souplesse d'exploitation sera un élément

important dans l'étude économique d'une telle relation. J'ai parlé de la possibilité pour du matériel classique d'y être acheminé, il faut aussi parler de la possibilité pour le matériel spécialisé d'aller au-delà de la piste spéciale.

Tous ces problèmes entreront dans le débat le moment venu. Je reviens pour terminer à nos voies actuelles, au « Capitole » d'aujourd'hui, aux trains analogues de demain. En faisant le tour des problèmes vous avez pu voir que toutes les branches de la technique étaient concernées. Pour conquérir ce nouvel et important bon de vitesse il a fallu que tous les services techniques : la traction, la voie, la signalisation, les freinistes, les ingénieurs du matériel remorqué, jugent très exactement leurs possibilités et qu'ils apportent chacun de l'imagination, des progrès et surtout qu'ils travaillent ensemble. Les grandes vitesses constituent une sorte de mesure de la

qualité technique du chemin de fer, mais aussi, pour les ingénieurs, un signe de vitalité et de cohésion. C'est un des objectifs qu'on peut proposer aux techniciens pour que ceux-ci tendent leurs efforts et les conjuguent, dans un certain esprit de conquête.

La grande vitesse n'est pas le seul exemple d'une lutte qui comporte une pointe d'idéal pour les ingénieurs du chemin de fer. Il y en aura d'autres. Les orientations ne seront pas prises sans le concours des économistes et c'est très bien. Les économistes pourront mettre en garde les techniciens contre les mirages. Mais à la fin de cette réunion où la technique était à l'honneur, et vers la fin d'une carrière à peu près entièrement vouée à la technique, je me permets de souhaiter que les économistes proposent aux techniciens des objectifs ambitieux, capables de mobiliser toutes leurs forces.

Nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers ()*

par MM. A. GISLON et J. M. QUIQUEREZ

*Ingénieurs-Chimistes et Docteurs ès sciences
Conseillers scientifiques à la C^{te} Française de Raffinage*

M. Jacques Tréfouël. — Notre séance se poursuit par la conférence que vont nous faire MM. Gislou et Quiquerez, sur un nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers.

Ici mon rôle se borne à souhaiter la bienvenue à nos conférenciers et à remercier très vivement le Comité des Arts Chimiques, et tout particulièrement notre collègue M. Brocart, organisateur de cette conférence.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Nous sommes très honorés, M. Quiquerez et moi-même, de donner cette conférence, sur votre invitation, devant les membres de votre Société, et nous vous remercions de l'intérêt que vous avez bien voulu porter à notre travail.

Notre propos est donc, Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs, de vous présenter un nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers et de vous inviter à suivre avec nous les étapes successives de son développement, depuis l'idée inventive initiale et les premières études effectuées dans notre Laboratoire jusqu'à la réalisation industrielle.

Mais il convient avant tout d'exposer pourquoi et comment nous avons été amenés à entreprendre des travaux dans ce domaine en soulignant à la fois l'importance du problème et l'état de la technique à l'époque.

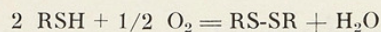
L'importance du problème est évidente si l'on considère que les mercaptans sont, parmi les polluants des produits pétroliers, les plus désagréables du fait de leur odeur repoussante. De plus, ils

(*) Conférence prononcée le 16 mai 1968, devant la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

sont corrosifs et, présents dans les essences, ils en abaissent la susceptibilité au plomb-tétraéthyle, ce qui veut dire qu'ils obligent à élever le taux de celui-ci pour obtenir un niveau d'octane désiré.

Voilà trois raisons qui, dès l'origine de notre industrie, ont conduit à rechercher des moyens de les éliminer.

Le moyen le plus efficace consiste à les oxyder en disulfures dans une réaction qui s'écrit globalement



Toutefois, l'oxydation directe par l'air est difficile, voire même impossible pour certains mercaptans et en tout cas très lente, de sorte que l'on a dû faire appel à différents agents d'oxydation, dont le

choix constitue l'originalité des procédés qui ont été proposés.

— Le très ancien procédé au plombite consiste à traiter le produit pétrolier par une solution alcaline de plombite en présence de soufre élémentaire. Le mercaptide de plomb formé intermédiairement réagit ensuite pour donner le disulfure et un précipité de sulfure de plomb qui, par oxydation à l'air, régénère le plombite.

Une abondante littérature a été publiée sur le mécanisme de ces réactions et sur les différents produits formés à titre intermédiaire ou définitif. Nous ne nous y arrêterons pas ici et nous retiendrons seulement le schéma simplifié (fig. 1) qui va nous permettre de souligner les inconvénients majeurs de ce procédé.

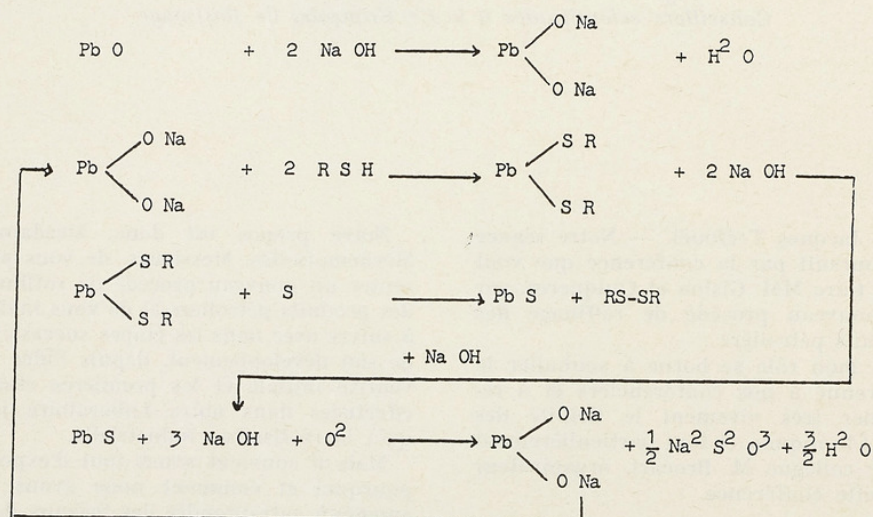


FIG. 1. — Réactions du Raffinage au Plombite.

On voit en premier lieu qu'il y a consommation de soude, ce qui n'est pas sans grever le prix de revient. Mais on voit surtout qu'il faut mettre en œuvre des quantités stœchiométriques de soufre, faute de quoi un dosage insuffisant laisse évidemment des mercaptans non transformés, tandis qu'un excès passera dans le produit traité qui verra sa te-

neur en soufre augmentée et deviendra corrosif ; l'excès de soufre pourra en outre réagir pour former des trisulfures instables qui aggravent la susceptibilité au plomb et peuvent se décomposer avec libération d'hydrogène sulfuré.

Or, le dosage exact du soufre est une opération délicate et, de plus, un excès de soufre est souvent nécessaire pour

obtenir la décantation du sulfure de plomb qui a tendance à rester à l'état colloïdal dans les produits traités, particulièrement s'il s'agit de produits lourds : solvants, lampants ou gas-oils, de sorte que les inconvénients cités sont à peu près inévitables.

— Le procédé au cuivre consiste à mettre en contact, en présence d'air, le produit à traiter avec une solution de sel cuivrique : chlorure ou sulfate, ou une boue de terre activée imprégnée de sel de cuivre. Les mercaptans sont oxydés par les sels cuivriques ; les sels cuivreux qui en résultent sont oxydés par l'air et le cuivre agit ainsi comme catalyseur.

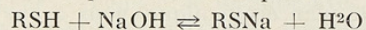
L'avantage de ce procédé par rapport au plombite serait d'éviter l'emploi de soufre élémentaire. Malheureusement, on se heurte à l'inconvénient de la dissolution dans les hydrocarbures de petites quantités de cuivre sous forme de mercaptides cuivreux, produit intermédiaire de la réaction ou d'autres sels organiques, lesquels sont des promoteurs de la formation de gomme dans les produits oléfiniques, ce qui est le cas des essences de cracking par exemple. C'est une sérieuse limitation du procédé que l'on peut surmonter en ajoutant au produit traité certain séquestrant du type disalicylal-diamino-propane, mais au prix d'une dépense supplémentaire non négligeable.

— On a proposé aussi l'oxydation des mercaptans par les hypochlorites alcalins ou alcalino-terreux. Le contrôle de la réaction est assez délicat car elle peut dépasser le stade des disulfures et conduire à la formation de sulfoxydes, de sulfones ou d'acides sulfoniques. Mais l'inconvénient le plus sérieux semble bien être la réaction de l'hypochlorite sur les hydrocarbures non saturés qui va introduire du chlore dans le produit traité, d'où une limitation d'application de ce procédé aux produits de distillation des pétroles bruts, à l'exclusion des produits de cracking.

— D'autres techniques font appel à des catalyseurs organiques d'oxydation

et parmi celles-ci nous citerons le procédé qui consiste à traiter à l'air le produit pétrolier préalablement additionné de quelques % de tert-butyl-p-phénylène-diamine. Ce procédé, apparemment élégant, est cependant limité car, sans entrer dans la discussion du mécanisme de la réaction, nous devons constater qu'il ne donne les résultats espérés qu'avec des produits légers (dans la gamme des essences) et seulement en présence d'oléfinés. Pour cette raison, contrairement au procédé précédent, il ne peut s'appliquer aux produits de distillation directe des pétroles bruts.

— Tous les procédés que nous venons d'exposer ont ceci de commun qu'ils n'abaissent pas la teneur en soufre des produits traités puisque, dans le principe, les mercaptans sont transformés en disulfures qui restent dans la phase hydrocarbure. On pourrait remédier à cela par une extraction des mercaptans dans une lessive alcaline en absence d'agent d'oxydation, mais le coefficient de partage des mercaptans entre les hydrocarbures et la phase alcaline est faible, voire même très faible selon leur nature et leur poids moléculaire ; de plus, l'équilibre mercaptan-ion mercaptide.



limite la concentration en mercaptide dans la phase aqueuse alcaline et oblige à de fréquentes régénérations ; celles-ci, qui peut se faire par hydrolyse à chaud et entraînement à la vapeur est particulièrement onéreuse. Ces inconvénients ont justifié le succès du procédé dit « Solutizer » qui consiste à ajouter à la solution d'extraction (de préférence une solution 6N de potasse) un tiers corps organique soluble dont le rôle sera d'augmenter le coefficient de partage, donc la solubilité du mercaptan dans la phase aqueuse. Entre autres produits, on a surtout utilisé l'isobutyrate de potassium et les crésols dont l'effet est indéniable puisque le coefficient de partage du n-amylmercaptan est augmenté dans la proportion de 1 à 200. Néanmoins, l'extraction des mercaptans ne saurait être complète et un raffinage ultérieur

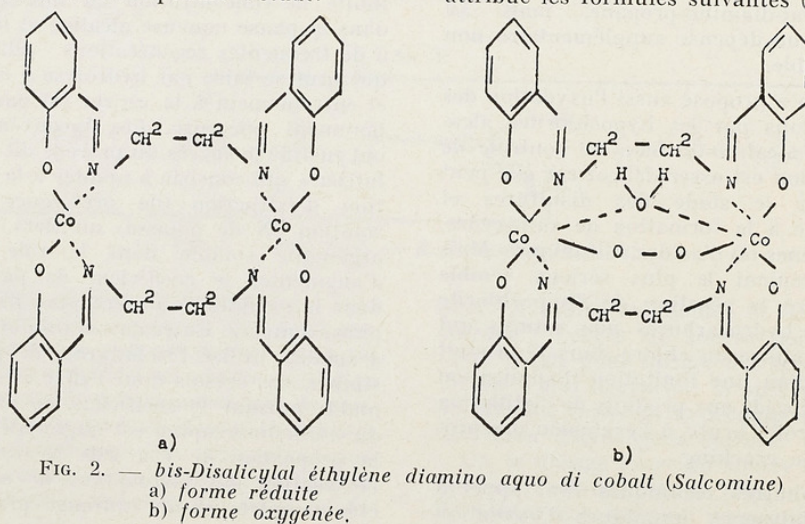
est nécessaire si l'on veut les éliminer complètement.

De plus, le problème de la régénération de la lessive alcaline demeure critique ; il est toujours coûteux si l'on opère par hydrolyse et entraînement à la vapeur. Un perfectionnement qui consiste à catalyser l'oxydation à l'air des mercaptides par la présence de polyhydroxybenzène ou de tannin n'a pas été définitif ; tous les brevets insistent sur la nécessité de protéger ces catalyseurs d'une sur-oxydation en limitant le taux de régénération et laissent entrevoir par-là les difficultés de conduire l'opération.

Nous pourrions encore citer de nombreux procédés qui ne sont en fait que des variantes des techniques que nous venons de décrire et qui n'ont pas apporté des perfectionnements suffisants pour s'imposer. Mais nous ne saurions le faire sans trop alourdir et prolonger notre exposé et nous pensons vous avoir assez clairement montré les limitations et les inconvénients des grands procédés conventionnels que nous avions devant nous lorsque, convaincus de l'importance du problème et constatant qu'il n'avait pas encore reçu de solution satisfaisante, tant sur le plan technique que sur le plan économique, nous avons été amenés à en entreprendre l'étude.

Très tôt nous avons pensé que des produits susceptibles d'absorber l'oxygène en formant des combinaisons labiles, pourraient constituer des systèmes redox capables de jouer efficacement le rôle de catalyseurs. La Nature nous donne des exemples de tels composés avec l'hémine, constituant actif de l'hémoglobine, dont on connaît le rôle d'agent d'oxydation dans les processus biologiques de la respiration.

C'est alors que nous creusions cette idée à la recherche d'un système redox de ce type que nous avons noté au cours d'une lecture bibliographique, l'emploi d'un certain produit comme source d'oxygène dans les postes de soudure des ateliers de bord de la Marine américaine (1). C'était, comme vous voyez, très loin de nos préoccupations du moment mais cela avait retenu notre attention car ce produit, connu sous la dénomination de Co-ox ou Salcomine, était décrit comme ayant la possibilité d'absorber l'oxygène de l'air à température ordinaire et de le libérer par chauffage à 110°, revenant à sa forme initiale lui permettant d'en absorber à nouveau. Sa structure et ses propriétés avaient été étudiées par Diehl et ses collaborateurs (2) à l'Université d'Iowa, qui lui avaient attribué les formules suivantes (fig. 2).



Cette formule est celle d'un complexe organo-métallique du type chélate possédant le mode de liaison d'un métal à

la molécule organique que l'on trouve également dans l'hémine (fig. 3).

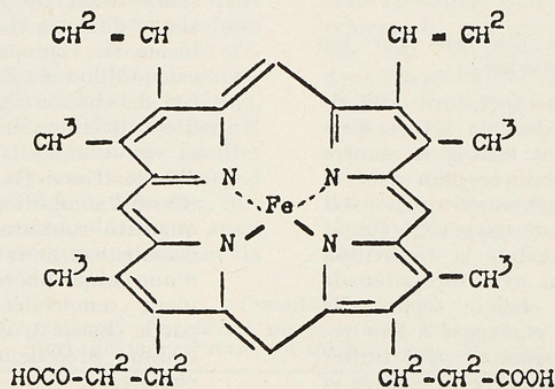


FIG. 3. — Hémine.

La forme oxydée présente un pontage peroxyde entre les atomes de cobalt correspondant effectivement à une absorption de 4,8 % poids d'oxygène soit 1 atome d'oxygène par atome de cobalt.

La salcomine s'obtient par réaction en milieu aqueux entre un sel de cobalt (chlorure, nitrate ou acétate) et la base de Schiff dérivée de l'aldéhyde salicylique et de l'éthylène diamine ; ou encore en faisant agir simultanément en milieu hydroalcoolique des quantités stœchiométriques d'aldéhyde salicylique, d'éthylène diamine, de soude caustique et de sel de cobalt.

On la sépare sous forme de cristaux rouges dont l'étude cristallographique par rayon X révèle l'existence de lacunes dans lesquelles une molécule d'oxygène peut diffuser et se lier par covalence avec les atomes de cobalt en même temps qu'une molécule d'eau (3).

Mais il convient de signaler que la Salcomine existe également sous une forme inactive, incapable d'absorber l'oxygène. De même composition chimique que la forme active, elle se distingue par sa couleur verte et le spectre de rayons X ; la maille cristalline n'a pas de lacunes de dimensions suffisantes pour permettre l'insertion de l'oxygène

et ceci explique l'impossibilité de former une combinaison oxygénée.

On observe une transformation de la forme active à la forme inactive lorsqu'elle est soumise à un grand nombre de cycles successifs d'oxydation et de désoxygénation.

Avec ce produit, étant données ses propriétés, la structure du complexe oxygéné, l'analogie de formule avec certains échangeurs d'oxygène biologiques, nous avons une base expérimentale qui allait nous permettre d'étudier les chélates comme systèmes Redox dans l'oxydation des mercaptans selon l'idée directrice que nous avons formulée (4) (5).

La plupart des études antérieures sur ces complexes considérés comme échangeurs d'oxygène, avaient porté, à notre connaissance, sur les solides cristallisés.

Nous avons, pour notre part, entrepris l'étude de leurs solutions et nous avons reconnu deux faits fondamentaux nouveaux :

1) Si l'on met en contact dans un solvant commun le chélate oxygéné et un réducteur, en l'espèce un mercaptan, celui-ci est oxydé en disulfures dès la température ordinaire.

2) Le chélate réduit absorbe l'oxygène de l'air, même en présence de solvant,

et il peut alors oxyder de nouvelles quantités de mercaptans. Il agit donc, non pas stœchiométriquement mais catalytiquement.

Nous démontrons ces faits par les deux expériences suivantes :

- a) En traitant à température ordinaire et à l'abri de l'air 1 litre d'essence contenant 0,25 g de soufre sous forme de mercaptan avec la quantité stœchiométrique, soit 1,30 g de chélate oxygéné à 4,8 %, nous avons constaté la disparition des mercaptans avec formation de disulfure. Le chélate séparé des hydrocarbures et exposé à l'air reprend de l'oxygène et peut traiter de nouvelles quantités d'essence et

l'opération peut être répétée un grand nombre de fois.

- b) Considérons maintenant une essence désaérée par chauffage au reflux dans un courant d'azote (tableau 1). Une partie de l'essence est additionnée d'une petite quantité de chélate (3,7 % de la quantité stœchiométrique seulement) et maintenue sous atmosphère d'azote (Essai 1). Une autre partie (Essai 2), additionnée de la même quantité sous-stœchiométrique de chélate est maintenue au contact d'une atmosphère d'air constamment renouvelée. Une troisième partie (Essai 3) est exposée à l'air comme précédemment mais sans chélate.

TABLEAU I

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Volume d'essence, cm ³	500	500	500
Chélate, g	0,025	0,025	0,000
Atmosphère	Azote	Air	Air
Teneur en S total initial, g/100 cc	0,073	0,074	0,074
Teneur en S _{RSH} , g/100 cc			
— initiale	0,024	0,024	0,024
— après 1 heure	—	0,015	—
— après 24 heures	0,023	0,000	0,024
Teneur en S _{DISULFURE} , g/100 cc, après 24 heures	0,003	0,027	0,003

On constate que l'oxydation des mercaptans ne s'effectue, avec formation quantitative de disulfure, que dans l'essai mettant en œuvre simultanément l'oxygène de l'air et le chélate ; il faut donc bien que celui-ci agisse comme catalyseur échangeur d'oxygène.

Cette réaction est, dans son ensemble, très complexe et l'on voit dès l'abord qu'elle est régie par deux cinétiques compétitives, à savoir la vitesse de réduction par les mercaptans du chélate oxydé, et la vitesse d'oxydation par l'air du chélate réduit. Nous n'exposerons pas ici l'étude détaillée de chacune de ces réactions mais nous discuterons

seulement pour vous l'effet des facteurs déterminants qui influencent la cinétique globale et vont, de ce fait, fixer les conditions opératoires optimales du procédé. Nous avons mis en évidence que ces facteurs essentiels sont la nature du milieu, la nature des mercaptans, le rapport du catalyseur aux mercaptans à oxyder et la température.

— *Influence du milieu* : On a observé que l'oxydation des mercaptans dans les hydrocarbures paraffiniques au contact du chélate à l'état solide est lente. Elle est accélérée si le chélate est au moins partiellement en solution, comme

c'est le cas en présence d'hydrocarbures aromatiques. Si, pour charger l'hydrocarbure en chélate on introduit celui-ci après l'avoir préalablement dissous dans un solvant miscible avec l'hydrocarbure (de tels solvants sont les alcools, les crésols, la diméthylformamide par exemple), on accélère grandement la réaction, ceci parce que cette technique permet une excellente dispersion de petites quantités du catalyseur dans le grand volume de la phase liquide à traiter, formant ainsi une pseudo-solution, et aussi parce que ces solvants augmentent la

solubilité vraie du chélate dans l'hydrocarbure.

Pour bien montrer l'effet favorable de cette technique nous rapportons dans le tableau II une série d'essais effectués sur des solutions d'hexyl-mercaptan dans l'heptane avec de faibles teneurs en chélate (4 % de la quantité stœchiométrique) avec ou sans tiers solvant. Nous voyons comment la présence de ceux-ci accélère une réaction normalement extrêmement lente, et l'intérêt plus particulier des solvants à fonction alcool ou phénol.

TABLEAU II
Influence des solvants du chélate sur la vitesse d'oxydation des Mercaptans
(tert. hexyl-mercaptan en solution dans l'heptane)

Essai n°	1	2	3	4	5
Solvant du chélate	Néant	Acétone	DMF	Méthanol	Crésol
Volume Heptane, cc	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Poids de chélate, g	0,063	0,063	0,074	0,063	0,063
Volume de solvant, cc ...	0	6,3	7,4	6,3	6,3
Atmosphère	Air	Air	Air	Air	Air
Teneur en S_{RSH} g/100 cc					
initial	0,044	0,044	0,052	0,044	0,044
après 24 heures	0,040	0,026	0,040	0,017	—
après 48 heures	0,040	0,026	—	0,009	0,003
après 72 heures	0,040	0,026	0,029	0,006	—

TABLEAU III
Influence du solvant du chélate sur la vitesse d'oxydation des Mercaptans
(n-butyl-mercaptan en solution dans un hydrocarbure)

Essai n°	1	2	3
Solvant du chélate	Neant	Méthanol	Méthanol
Volume d'hydrocarbure à traiter, cc	1.000	1.000	1.000
Poids de chélate, g	6,4	6,4	4,8
Volume de solvant du chélate, cc	0	0,3	0,68
Rapport chélate/ S_{RSH}	15	15	15
Teneur en S_{RSH} g/100cc :			
— initiale	0,043	0,043	0,032
— après 5 minutes	0,027	0,029	0,012
10 »	—	—	0,005
15 »	0,022	—	0,002
20 »	—	0,009	0,000
30 »	0,014	0,007	—
45 »	0,008	0,003	—
60 »	0,004	0,000	—
75 »	0,001	—	—
90 »	0,000	—	—

On peut se demander ce qu'il en est lorsque l'on va opérer en présence d'un grand excès de chélate puisqu'on peut penser *a priori* que le contact mercaptan-chélate est alors suffisant.

Le tableau III montre dans ce cas l'influence favorable du méthanol même à des doses aussi faibles que 0,3 à 0,7 %.

— La quantité de chélate mise en œuvre à une importance déterminante sur la vitesse de réaction ce qui n'est

pas pour surprendre, puisque finalement le rapport chélate/produit à traiter régit le rapport oxygène/soufre à oxyder. On a traité par l'air une essence de distillation avec les mercaptans naturels qu'elle contient (0,025 % S_{RSH}), en présence de quantités croissantes de salcomine, mais toujours très faibles pour permettre de mieux observer le phénomène. On a suivi la disparition des mercaptans en fonction du temps et le graphique (fig. 4) exprime les résultats.

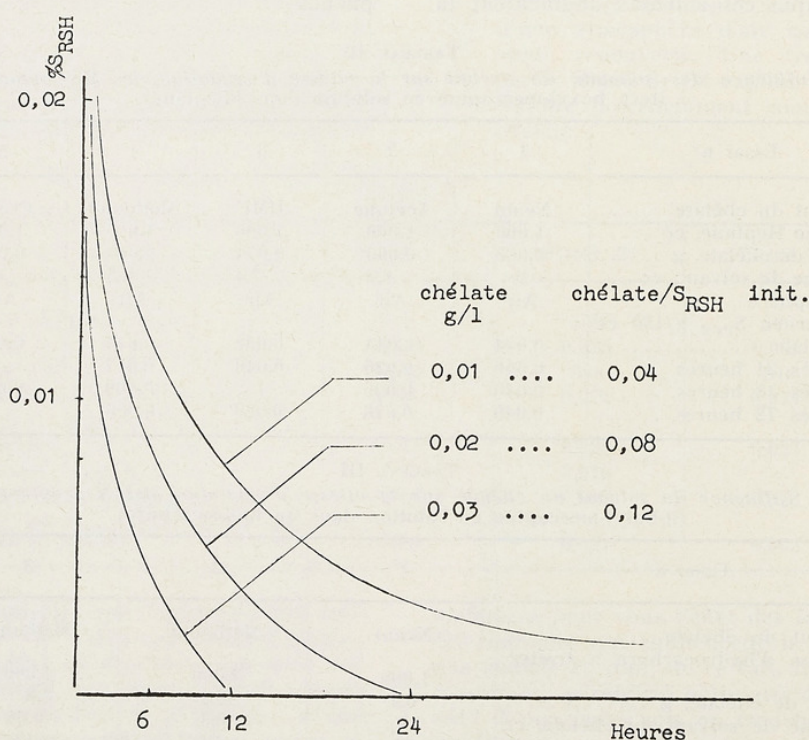


FIG. 4. — Vitesse d'oxydation des Mercaptans en fonction du rapport Chélate/Mercaptan.

Il montre clairement que selon que le rapport chélate/S passe, toutes choses égales d'ailleurs, de 0,12 à 0,08, l'oxydation complète des mercaptans est obtenue en 10 ou 22 heures. On se rappelle de l'exemple du tableau III que pour un rapport chélate/S de 15 cette durée est

ramenée à moins d'une heure. Remarquons toutefois ici qu'au-dessous d'un certain rapport chélate/S, ici à 0,04, l'oxydation complète n'est plus obtenue, quel que soit le temps de contact. Nous aurons à revenir par la suite sur cette observation.

— *La nature des mercaptans.* Il est connu, et l'un de nos collaborateurs l'a bien démontré (6), que les mercaptans ayant le caractère le plus acide sont aussi les plus oxydables. On ne sera donc pas surpris de constater que la vitesse de réaction dépend de la nature des mercaptans traités.

Si, par exemple, on suit l'oxydation de différents mercaptans en solution dans l'heptane (fig. 5) en présence de chélate, on observe que la teneur initiale en soufre mercaptan étant la même, on obtient l'oxydation complète en :

3-4 minutes pour le thiophénol,

5 « « n-butylmercaptan

15	«	«	tert. butylmercaptan
45	«	«	tert. octylmercaptan
60	«	«	tert. dodecylmercaptan

On retiendra que le thiophénol est facilement oxydable, que les mercaptans primaires sont plus facilement oxydables que les mercaptans secondaires et *a fortiori* que les mercaptans tertiaires et que, dans une série homologue, la difficulté d'oxydation croît avec le poids moléculaire.

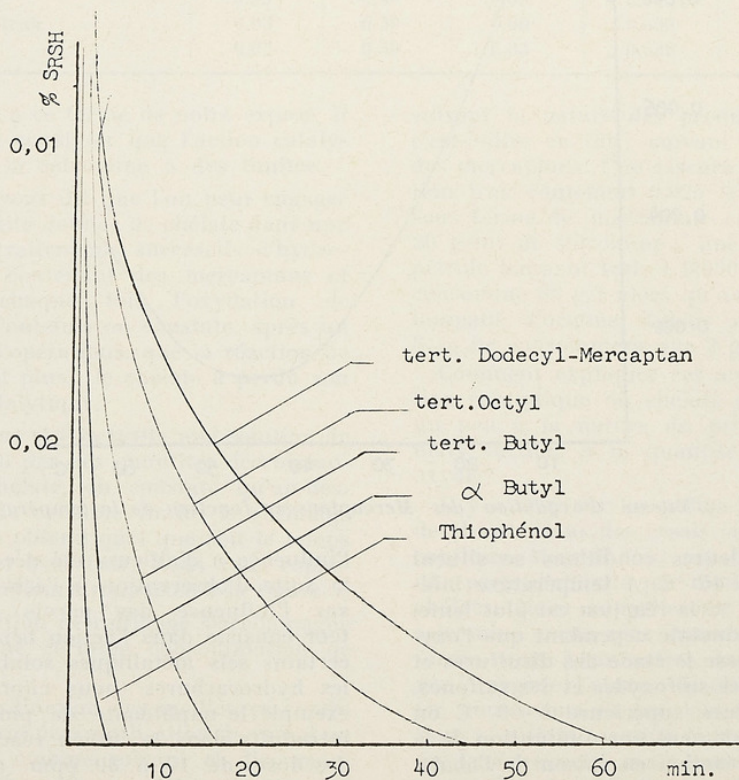


FIG. 5. — Vitesse d'oxydation des différents Mercaptans :
 S_{RSH} initial : 0,02 % Chélate : 4,8 g/l.

On tirera tout de suite de ces observations la conclusion que la facilité de raffinage dépendra des produits pétro-

liers considérés ; les coupes légères de distillation directe qui contiennent des mercaptans de bas poids moléculaire,

les produits de cracking ou reforming riches en thiophénols, se raffineront plus facilement que les coupes lourdes telles que lampants ou gas-oils.

— *L'effet de la température est complexe.* Le graphique (fig. 6) illustre

une expérience dans laquelle nous oxydons les mercaptans d'une essence de distillation en présence de faibles quantités de salcomine (2 % de la théorie). Nous indiquons le taux de mercaptans résiduels après 6 h de traitement à l'air à différentes températures.

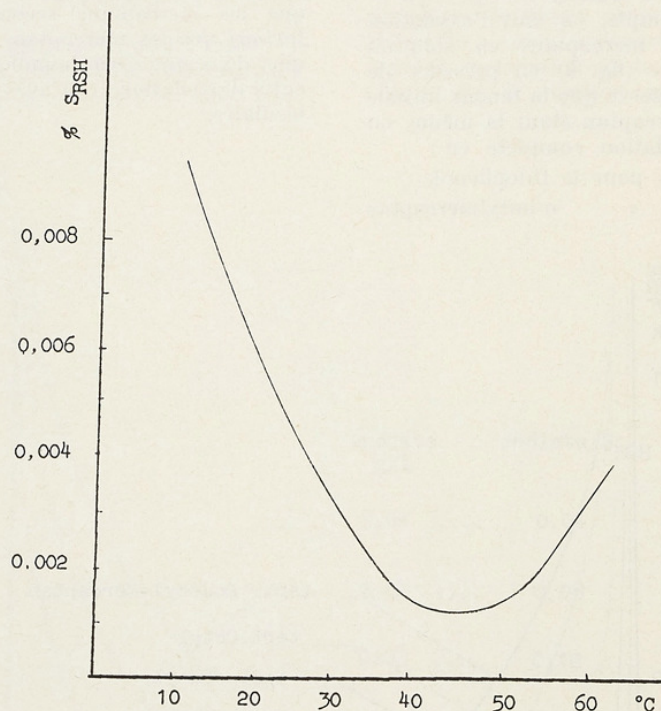


FIG. 6. — Vitesse d'oxydation des Mercaptans en fonction de la température.

Les meilleures conditions se situent entre 35 et 45 $^{\circ}C$. A température inférieure à 15 $^{\circ}C$ la réaction est plus lente, mais l'on constate cependant que l'oxydation dépasse le stade des disulfures et conduit à des sulfoxydes et des sulfones. A température supérieure à 60 $^{\circ}C$ on constate également une diminution de la vitesse de réaction en raison de l'abaissement de la solubilité de l'oxygène dans la phase liquide, d'où un ralentissement de la réoxydation du chélate.

— Un autre facteur dont nous voulons encore parler maintenant et dont

l'influence a d'ailleurs été découverte à la suite d'observation à l'échelle pilote sur l'influence des parois du réacteur consiste dans l'action bénéfique de certains sels métalliques solubles dans les hydrocarbures (nous citerons pour exemple le naphatéate de plomb) qui, introduits dans le milieu réactionnel à des doses de 10 à 30 ppm. accélèrent considérablement la vitesse de réaction alors qu'ils sont par eux-mêmes sans action catalytique. Dans le traitement de produits lourds (kérosène, gas-oil) contenant des mercaptans, comme nous l'avons vu, difficilement oxydables, le

raffinage normalement très lent devient industriellement possible par l'addition de ces activateurs. Le tableau IV mon-

tre l'action de 30 ppm de naphthénate de plomb sur la vitesse de raffinage de différents produits.

TABLEAU IV
Influence des activateurs sur la vitesse d'oxydation des Mercaptans

Produit traité	Réactifs (g/l)			% S _{RSH}	
	Chélate	Crésol	Activateur	Initial	Après 24 h
Essence (40-200 °C)	0,00	0,30	0,03	0,024	0,022
	0,02	0,30	0,00	0,024	0,010
	0,02	0,30	0,03	0,024	0,000
Lampant Irak	0,03	0,30	0,00	0,030	0,012
	0,03	0,30	0,03	0,030	0,000
Gas oil Irak	0,03	0,30	0,00	0,030	0,015
	0,03	0,30	0,03	0,030	0,000

Arrivés à ce terme de notre exposé, il nous faut constater que l'action catalytique de la salcomine a des limites.

Nous avons dit que l'on peut engager une quantité donnée de chélate dans une série de traitements successifs d'hydrocarbures contenant des mercaptans et obtenir chaque fois l'oxydation de ceux-ci. Toutefois on constate, après un nombre d'opérations, que la réaction ne se produit plus ; le chélate a perdu son action catalytique.

De même si l'on traite une solution de mercaptan par des quantités décroissantes de chélate, on constate qu'au-dessous d'une certaine limite le raffinage n'est plus obtenu quel que soit le temps de contact avec l'air. Nous vous rappelons l'expérience rapportée à la figure 7.

L'opération de raffinage s'accompagne donc d'une certaine consommation de chélate.

La coordination des meilleures conditions opératoires (utilisation de crésol ou méthanol comme solvant et dispersant du chélate, présence d'air en quantité suffisante, présence d'un activateur métallique, température convenable, etc...) conduit à une consommation de catalyseur de l'ordre de 1 g pour 8 à 12 g de soufre oxydé, variable dans ces limites

suivant la nature des produits traités, c'est-à-dire en fait suivant la nature des mercaptans. Une essence de distillation Irak contenant 0,025 % de soufre sous forme de mercaptan consommera 20 g/m³ de salcomine ; une coupe de pétrole lampant Irak à 0,030 % S_{RSH} en consomme 38 g/t alors qu'une coupe de lampant d'origine Zubaïr à 0,003 % S_{RSH} ne consommera que 2 g/t.

Comment expliquer cet arrêt de l'action catalytique du chélate qui est liée un peu à la nature du produit traité mais surtout à la quantité de soufre oxydé ?

Il y a bien sûr les pertes mécaniques de chélate dans des essais successifs ou continus. Mais il faut considérer aussi une perte d'activité par modification du chélate. Nous rappellerons ici que la salcomine existe sous deux formes : une forme rouge brun active, capable de fixer l'oxygène, l'autre vert olive, inactive. Or, nous avons vu que, lors de sa réduction, le chélate oxygéné se transforme en un isomère actif mais avec une faible proportion de la forme inactive. Ainsi, à chaque cycle d'oxydo-réduction, on perd une petite quantité de chélate actif et l'on voit là l'explication de la perte de catalyseur en fonction de la quantité de mercaptans oxydés.

L'analyse des réactions et des mécanismes que nous venons de faire nous amène maintenant à vous exposer comment nous les avons mis en œuvre, en utilisant la salcomine comme chélate catalyseur, pour réaliser un procédé industriel de raffinage (7).

— Une première technique, illustrée par la figure 7, consiste à mettre en contact dans un mélangeur le produit pétrolier à raffiner avec une solution hydro-alcoolique de salcomine en présence d'air, la salcomine étant en large excès par rapport aux mercaptans en présence, condition pour avoir une réaction rapide.

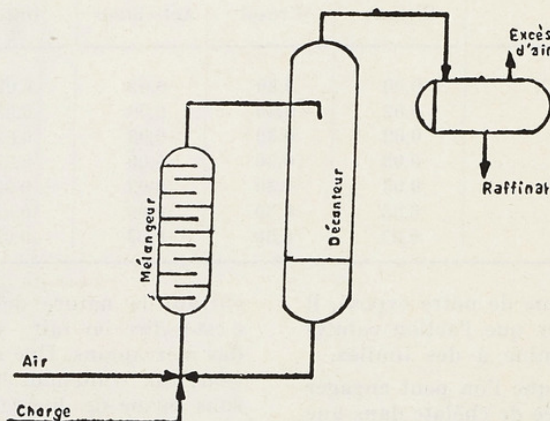


FIG. 7. — Schéma d'un appareillage de raffinage au chélate.

L'émulsion se sépare dans un décanteur duquel on soutire le produit raffiné, exempt de mercaptan, alors que la solution hydro-alcoolique de chélate est recyclée.

On remarquera que les appareils habituels de traitement au plombite peuvent être adaptés à cette technique ; on utilisera les mélangeurs et les tours de décantation à l'exclusion des appareils annexes (pots à soufre et régénérateurs des solutions de plombite).

Pour chiffrer les conditions opératoires nous vous décrirons dans un exemple rappelé au Tableau V celles que nous avons réalisées dans notre premier pilote semi-industriel.

Dans l'essai décrit, après traitement de 8.500 litres d'essence, le taux de mercaptan tendait à s'élever à la sortie du décanteur, ce qui indiquait un abaissement de l'activité du chélate au-dessous d'une limite acceptable. En le remplaçant intégralement à ce moment de

l'opération, on aurait enregistré une consommation de 17,6 g/m³ (environ 20 ppm), soit 1 g de chélate pour 10,4 g de soufre oxydé.

Dans l'essai pilote que nous venons de vous exposer, il reste encore des quantités non négligeables de mercaptans à la sortie du réacteur. Il est aisé d'obtenir une oxydation complète dans le temps de l'opération en augmentant par quelque moyen que ce soit la quantité de salcomine par rapport aux mercaptans en présence, par exemple en augmentant la concentration de Salcomine dans le réactif ou en augmentant la recirculation de celui-ci et, par là, le rapport salcomine/hydrocarbure. Mais nous avons tenu à vous présenter le précédent résultat parce qu'il nous a donné l'idée d'une deuxième technique pour la mise en œuvre du procédé.

On constate que les mercaptans qui polluent encore le raffinat à la sortie du réacteur finissent de s'oxyder au cours

TABLEAU V

Marche d'une unité pilote de raffinage d'essence

Description de l'appareil :	
— mélangeur statique, volume	5 litres
— décanteur, »	200 litres
Réactif, volume chargé	25 litres
— Composition, Méthanol	2,5 litres
Eau	22,5 litres
Salcomine	150 g
Conditions opératoires :	
— Débit d'essence	180 l/h
— Débit de dispersion de chélate	180 l/h
— Injection d'activateur (naphténate Pb)	5,4 g/h
— Injection d'air	100 l/h
— Durée de contact des mélangeurs	75 secondes
— Durée de contact dans décanteur	1 heure
— Température	25 °C
Résultat :	
Produit traité : Essence de distillation P.F. 200° (origine Irak)	
— % S_{RSH} initial	0,025
» sortie réacteur	< 0,001
» après 20 h stockage : Réaction plombite négative	
Durée de l'opération	47 heures
Volume d'essence traitée	8.500 litres
Consommation de chélate	17,6 g/m ³ (env. 20 ppm)

du stockage grâce à la présence de faibles quantités de salcomine entraînée. D'où l'idée de faire le raffinage sans immobilisation d'appareillage en profitant du temps de contact que permettent les capacités de stockage. Ceci peut être réalisé en ajoutant au produit à traiter une très faible quantité de salcomine en solution à 10 % dans un crésol, en même temps que 20 ppm de naphténate de plomb choisi comme activateur. Le dosage de salcomine est de 1 g pour 8 à 12 g de soufre à oxyder, égal ou voisin des quantités minimales ; le raffinage complet est obtenu en 24 heures de stockage.

Le procédé est particulièrement avantageux lorsqu'on s'adresse à des produits à faible teneur en mercaptans ; telles sont les essences de cracking cata-

lytique après prélavage, les essences de distillation sortant des unités de raffinage du type Solutizer, ou tous produits à faible teneur en mercaptan de par leur origine. Dans ces conditions, la quantité d'oxygène normalement dissoute dans les produits pétroliers est suffisante sans qu'il soit nécessaire d'envisager une injection d'air supplémentaire. Nous avons ainsi traité avec succès par cette technique des white-spirit et des kérosènes d'origine Zubaïr. Ce procédé s'est également révélé particulièrement intéressant lorsque, dans le traitement des gas-oils et des fuels domestiques, on vise seulement leur désodorisation parce que l'on peut, sans consommation excessive de réactif, attaquer les mercaptans les plus légers qui sont aussi les plus malodorants.

Le tableau VI donne un aperçu des domaines d'application de cette technique.

Une simplification consiste à préparer le chélate *in situ* dans le produit à raffiner. On injecte pour cela les quantités

TABLEAU VI
Exemples de raffinage de différents produits pétroliers avec la Salcomine

Produits à traiter	Essence de distillation sortie Soluizer	Essence de cracking thermique	Essence de cracking catalytique	White spirit origine Zubair	Lampant origine Zubair	Lampant origine Irak	Kérosène désaromatisé origine Irak
Densité D_{14}	0,709	0,750	0,706	0,768	0,796	0,810	—
Limite de distillation ASTM °C	40-160	35-200	40-180	148-220	-260	200-260	—
% S_{RSH} avant raffinage	0,007	0,008	0,015	0,001	0,003	0,028	0,018
% S_{RSH} après raffinage	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
Consommation de chélate en g/t	6	9	13	2	2,5	34	60

stœchiométriques des constituants du chélate, en l'espèce la disalicylaléthylène-diimine et le cobalt sous forme d'un sel soluble dans l'hydrocarbure (naphté-nate, crésolate ou oléate), en même temps que le naphté-nate de plomb aux doses désirées. Cette variante, qui évite la fabrication préalable du chélate permet un abaissement sensible du prix de revient dans la proportion de 1 à 0,65.

Enfin nous signalerons un mode opératoire différent qui, bien que revendiqué dans nos premiers brevets, n'a pas reçu d'application à ce stade de développement ; il utilise le chélate à l'état solide ou déposé sur un support poreux sur lequel circule le produit à traiter. Nous reviendrons plus loin sur cette technique qui est passée par la suite dans les réalisations industrielles.

Les produits traités contiennent une minime quantité de chélate sous forme active ou inactive ou encore des produits résultant de sa décomposition. Ces traces d'impuretés (de 0,08 à 0,2 mg par

litre) confèrent une légère coloration ou un léger trouble qui peuvent se développer en quelques jours. Une décantation soignée et une filtration efficace après l'opération ou, plus rapidement, un traitement acide tel qu'une simple filtration sur bisulfate de soude cristallisé résout complètement ce problème.



Tel qu'il vient d'être exposé le procédé utilisant la salcomine comporte cependant une sérieuse limitation. En effet, ce chélate, s'il est encore assez stable en solution alcaline diluée, se décompose au contact d'une solution à plus de 5 % de soude caustique et devient inactif plus ou moins rapidement.

Toute application à la régénération des solutions alcalines de mercaptides telles qu'elles résultent de l'extraction des mercaptans par traitement des produits pétroliers avec des lessives caustiques est donc impossible.

On a alors été conduit à rechercher de nouveaux chélates qui, stables et solubles en milieu alcalin, permettraient ces opérations.

Ces études auxquelles Universal Oil Products Company, avec MM. Gleim et Urban (8) (9), ont apporté une importante contribution et une solution définitive, ont finalement abouti à un procédé de raffinage très général s'appliquant aussi bien au traitement des hydrocarbures qu'à la régénération des solutions alcalines de mercaptides. Ce procédé, après accords passés entre la Compagnie Française de Raffinage et U.O.P., a été

commercialisé sous le nom de Mérox. C'est de celui-ci que nous allons, pour terminer, vous entretenir.

Il est basé, comme nous l'avons dit, sur le choix d'un nouveau chélate soluble et stable en solution alcaline. On l'a trouvé dans la famille des phtalocyanines (fig. 8) et c'est, plus particulièrement, la phtalocyanine de cobalt, rendue soluble en milieu alcalin par sulfonation. On remarquera la très grande analogie de structure avec l'hémine dont nous vous avons montré la formule à la fig. 3.

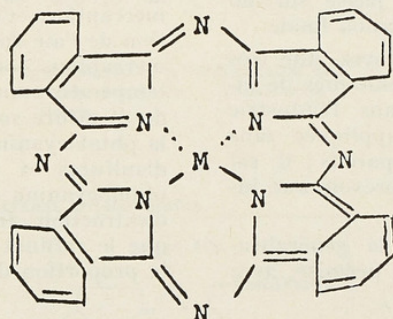


FIG. 8. — Phtalocyanine.

L'étude du potentiel d'oxydo-réduction de ce chélate indique qu'il peut s'oxyder à l'air, oxyder les mercaptans

et agir comme les précédents chélates considérés, ce qui s'est en tous points vérifié.

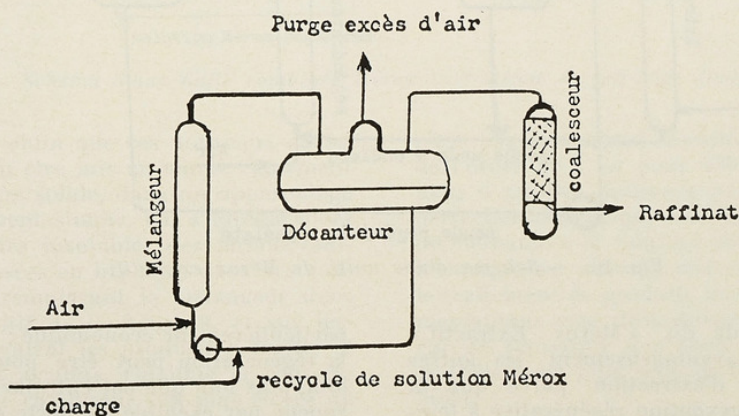


FIG. 9. — Schéma d'une Unité de Raffinage Mérox.

En outre ces produits sont très stables et ne semblent pas exister sous une forme inactive ; il en résulte une économie très notable de catalyseur comme nous aurons l'occasion de le montrer.

Ce nouveau chélate est avantageusement mis en œuvre selon la première technique que nous avons décrite précédemment et dont nous vous rappelons le schéma de principe (fig. 9) :

Une solution alcaline de phtalocyanine est émulsifiée avec le produit à traiter dans un mélangeur en même temps que l'on y injecte de l'air. Après décantation la solution de catalyseur est recyclée et le raffinat est passé sur un filtre à sable pour clarification finale.

C'est, comme vous le voyez, une très simple adaptation des techniques de lavage alcalin classiques dans l'industrie pétrolière qui peut être appliquée sans modification notable d'appareils ; il est seulement nécessaire de prévoir une injection d'air.

Mais voici maintenant la généralisation intéressante qui est permise avec

ce nouveau catalyseur : alors que dans tout ce que nous avons décrit précédemment la teneur en soufre total du produit traité n'est pas abaissée puisque les mercaptans sont seulement transformés en disulfures qui restent dans les hydrocarbures, on va pouvoir maintenant envisager économiquement le raffinage avec extraction alcaline.

Le produit est traité en absence d'air dans une colonne d'extraction, à contre-courant avec une solution alcaline de phtalocyanine (fig. 10). On soutire en tête le raffinat exempt de mercaptan ou en tout cas très appauvri, et, au soubassement, la solution alcaline enrichie en mercaptides. Celle-ci est soumise à l'action de l'air dans un régénérateur et les mercaptans sont oxydés rapidement à température ordinaire avec formation de disulfure sous l'action catalytique de la phtalocyanine présente ; on sépare les disulfures et la solution alcaline de phtalocyanine est recyclée à la colonne d'extraction. Insistons donc sur le fait que le raffinat est alors désulfuré dans la proportion des mercaptans éliminés.

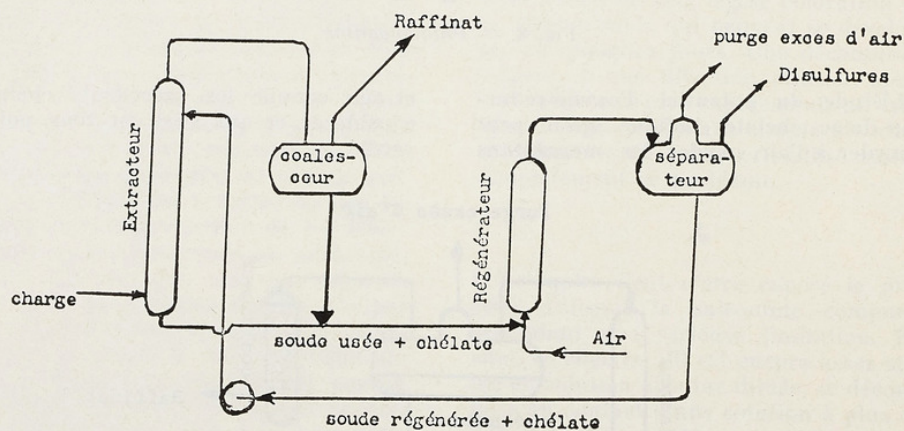


FIG. 10. — Schéma d'une unité de Mérox extractif.

Ce procédé dit « Mérox Extractif » remplace avantageusement les autres techniques d'extraction parce que la réaction d'oxydation régénérative à température ordinaire des sodes usées est

particulièrement économique ; en outre la régénération peut être poussée très loin, plus loin que par entraînement à la vapeur par exemple, de sorte que l'activité de la soude régénérée est plus gran-

de et l'extraction plus efficace à chaque cycle. Illustrons ceci en disant qu'une essence à 0,030 % S_{RSH} sort de l'extracteur à 0,0127 % si elle est traitée par une soude régénérée contenant encore 0,138 % de S_{RSH} comme c'est généralement le cas avec les procédés conventionnels, et seulement à 0,0085 % si elle est traitée avec une soude régénérée ne contenant plus que 0,001 % de S_{RSH} .

La grande stabilité du catalyseur peut être illustrée ici en indiquant que 1 kg a permis de traiter selon les cas de 4.000 à 14.000 m³ d'essence, soit une consommation de l'ordre de 0,1 à 0,3 ppm.

On traitera par le Mérox extractif les gaz liquéfiés, les essences légères de

cracking pour lesquelles les mercaptans sont très solubles dans les lessives alcalines ; ceci est particulièrement utile pour le raffinage des essences si l'on considère que l'élimination des disulfures améliore la susceptibilité au plomb-tétraéthyle et permet de gagner, pour ces essences et pour un dopage donné, de l'ordre de 1 à 2 points d'octane.

Mais l'extraction des mercaptans n'est cependant pas totale et les traces de mercaptans résiduels doivent être éliminées, ce que nous faisons par un traitement final selon la première technique, dans un traitement combiné qui est schématisé dans la figure suivante (fig. 11).

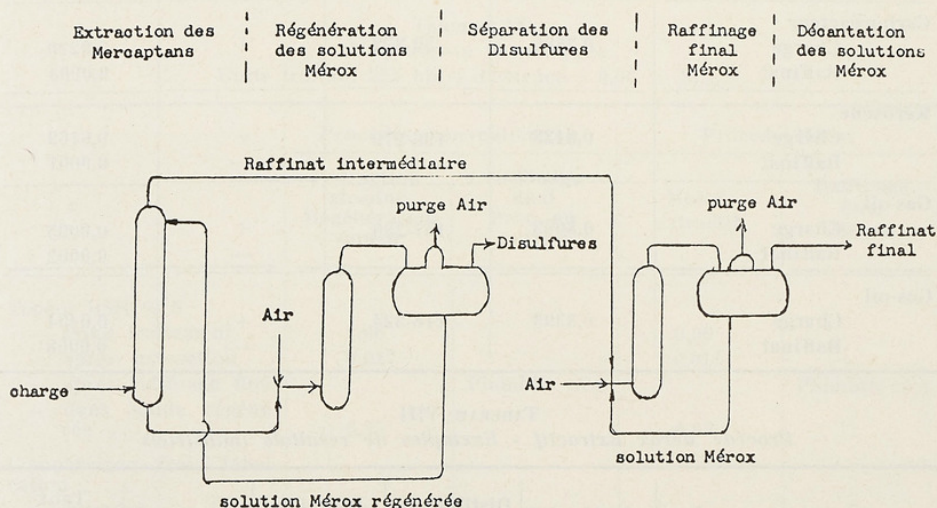


FIG. 11. — Schéma d'une unité combinée Mérox (extraction et raffinage final).

Disons enfin que ces nouveaux chélateurs ont pu être mis en œuvre également sous forme solide, dans un appareillage extrêmement simple. On s'adresse alors aux formes insolubles des phthalocyanines disposées en lits fixes dans des contacteurs remplaçant le mélangeur dans le dispositif de la figure 9, et sur lesquels circulent les produits à traiter et la lessive alcaline. Quoique la consommation de catalyseur soit plus élevée du fait d'empoisonnement dont l'origine

n'est pas totalement identifiée (elle est de l'ordre de 1 kg pour 130 m³ traités, mais a pu être diminuée par un récent perfectionnement qui consiste à ajouter du méthanol à la solution alcaline), cette technique est souvent intéressante pour le traitement de produits lourds dont les mercaptans sont difficilement oxydables car on remarque que sous cette forme le chélate est plus actif qu'à l'état solubilisé.

Je voudrais maintenant, sans insister

longuement, mais à seule fin d'illustrer les larges possibilités du procédé Mérox quant à la variété des produits qui peu-

vent être traités, vous montrer différents résultats obtenus en exploitation industrielle (Tableaux VII et VIII).

TABLEAU VII
Procédé Mérox - Exemples de résultats industriels

	D 15/15	Distill. ASTM (°C)	Réaction Plombite	% S _{RSH}
Essence Cracking Catal. Charge Raffinat	0,7366	43-167	+ ---	0,0144 0,0002
Carburéacteur Charge Raffinat	0,7800	67-238	+ ---	0,0524 0,0009
Carburéacteur Charge Raffinat	0,7595	59-222	+ ---	0,0220 0,0003
Kérosène Charge Raffinat	0,8128	196-279	+ ---	0,0169 0,0001
Gas-oil Charge Raffinat	0,8003	157-286	+ ---	0,0095 0,0002
Gas-oil Charge Raffinat	0,8393	218-324	+ ---	0,0404 0,0008

TABLEAU VIII
Procédé Mérox Extractif - Exemples de résultats industriels

	D 15/15	Distillation ASTM	Réaction Plombite	% S _{RSH}	Taux d'extrac- tion
Essence Distillation + Cracking Charge Raffinat	0,738	41-186 39-187	+ +	0,0334 0,008	76,5 %
Essence Distillation Charge Raffinat	0,650	26-100	+ +	0,0457 0,0034	92,5 %
Essence Reforming Thermique Charge Raffinat	0,748	32-179	+ +	0,0144 0,0016	89 %

Vous voyez que l'on peut traiter tous les produits, depuis les plus légers comme ici les essences, voire même les gaz liquéfiés (butane et propane) jusqu'aux gas-oils et aussi bien des produits de distillation directe que des produits de cracking ou de reforming dont on connaît le caractère oléfinique.

Il faut souligner que les produits traités ne subissent aucune altération en ce qui concerne la couleur, la tendance à la formation de gomme ou l'oxydabilité déterminée par la période d'induction, et satisfait, bien entendu, à toutes les spécifications imposées.

Ainsi, le nouveau procédé échappe aux inconvénients et aux limitations des pro-

cédés conventionnels que nous vous avons présentés au début de notre exposé.

Mais, quels que soient ses avantages intrinsèques, un procédé ne peut se développer industriellement que s'il est économique. Il convient donc d'examiner maintenant comment nous nous plaçons, de ce point de vue, par rapport aux procédés antérieurs.

Nos collègues américains de Universal Oil Products Co ont établi une comparaison intéressante portant d'une part sur une extraction des mercaptans par une solution alcaline avec régénération de celle-ci par hydrolyse et entraînement à la vapeur, suivie d'un raffinage

TABLEAU IX
Comparaison économique
Unité traitant 225 bbl/j d'essence à 0,06 % S_{HSR}

	Procédés conventionnels		Procédé Mérox	
	Extraction alcaline Régénération vapeur	Raffinage final Proc. au cuivre	Mérox extractif	Raffinage final Mérox
Teneur RSH % S				
— avant traitement ...	0,06		0,06	
— après extraction ..	0,017		0,011	
— après raffinage final		Plombite nég.		Plombite nég.
— dans soude régénérée	0,25		0,02	
Comparaison frais fabrication				
— Energie	x	xx	x	xx
— NaOH ¢/bbl	—	nulle	—	0,12
— Catalyseur ¢/bbl	—	2,58	0,05	0,06(a)
— Air ¢/bbl	—	0,05	0,022	—
— Vapeur ¢/bbl	3,6	—	—	—
— Main d'œuvre	x	xx	x	xx
— Entretien (changement catalyseur)	—	1,50	—	—
Total ¢/bbl	3,6	4,13	0,072	0,18
Prix comparés deux opérations combinées		7,73		0,252
Economie par Mérox ¢/bbl (sans Redevances)				7,48

x Comptés identiques dans les cas correspondants

(a) charge initiale + addition hebdomadaire de 25 à 30 g.

terminal par le procédé au cuivre et, d'autre part sur un Mérox extractif suivi d'un raffinage terminal par Mérox oxydant. Nous vous présentons au tableau IX les résultats de cette étude tels qu'ils

ont été publiés (10) en nous excusant de conserver les unités américaines

Une comparaison entre un raffinage Plombite et un raffinage Mérox s'établit comme suit (Tableau X).

TABLEAU X
Comparaison économique
(Raffinage d'une essence de cracking)

	Procédé Plombite Prix en francs par tonne	Procédé Mérox Prix en francs par tonne
Produits chimiques :		
— Soude pré lavage et raffinage	0,450	0,071
— Catalyseur	—	0,045
— Litharge	0,180	
— Soufre	0,060	
Total produits chimiques ..	0,690	0,116
Utilités :		
— Electricité	0,030	0,030
— Vapeur	0,200	
— Air	0,020	0,005
Total utilités	0,25	0,035
Total frais proportionnels .	0,94	0,15
Economie		94 %

TABLEAU XI
Comparaison économique

	Procédé Solutizer Prix en francs par tonne	Procédé Mérox extractif Prix en francs par tonne
Produits chimiques :		
— Soude	0,069	0,130
— Potasse	0,268	—
— Tricrésol	0,237	—
— Catalyseur Mérox		0,085
Total produits chimiques ..	0,574	0,215
Utilités :		
— Energie	0,060	0,065
— Vapeur	0,036	—
— Air comprimé	0,008	0,002
— Eau douce	0,036	0,026
— Eau salée	0,004	0,003
Total utilités	0,144	0,096
Total frais proportionnels .	0,718	0,311
Economie		57 %

Pour être plus complet nous vous présenterons enfin (tableau XI) une comparaison entre un procédé Solutizer avec régénération par oxydation à basse température et un Mérox extractif. C'est un résultat industriel établi sur des unités traitant des essences ; celles-ci sortent de l'unité d'extraction avec une teneur de 20 à 40 ppm de soufre-mercaptan et la comparaison est faite avant le raffinage oxydant final.

Ces évaluations n'ont de valeur que comparatives. Les frais d'exploitation sont à déterminer pour chaque cas particulier selon nature des charges, taux des mercaptans, etc...

Les avantages techniques et économiques du procédé que nous venons de décrire se sont rapidement imposés et le développement industriel est assez re-

marquable. Il est pleinement illustré par le tableau XII qui donne, depuis 1959 — date du lancement du procédé — jusqu'au 1^{er} octobre 1967, le nombre d'unités installées et le tonnage de différents types de produits traités et les unités licenciées à cette date qui devraient entrer en exploitation avant décembre 1969.

Le graphique (fig. 12) est peut-être plus parlant et montre bien la progression régulière du développement qui peut se résumer en deux chiffres : en 10 ans d'exploitation le procédé Mérox est exploité à travers le monde dans 488 unités qui traiteront ensemble 340.000 t/jour de produits divers.

Le taux d'expansion ne semble pas devoir se ralentir et je viens d'apprendre que le nombre d'unités licenciées est

TABLEAU XII

Unités de raffinage Mérox

Produits traités	Nombre d'unités	Capacités tonnes/jour
C ³ - C ⁴ - gaz liquéfiés, charges d'Alkylation	101	67.142
Essences - Solvants de distillation	187	139.169
Kérosène - Carburacteurs - Solvants lourds - Fuels domestiques	51	30.232
Essences de Cracking (thermique, catalytiques, visbreaking) - Essences de Polymérisation	141	100.777
Solvants et gas oils lourds - Divers	8	4.834
Total	488	342.154

déjà passé aujourd'hui (fin mars 1968). à 540, exploitées dans 294 raffineries appartenant à 188 sociétés et réparties dans 43 pays. Les sociétés les plus im-

portantes et les plus connues pour la puissance de leurs moyens de recherches : Esso, Shell, B.P..., ont largement adopté notre procédé..

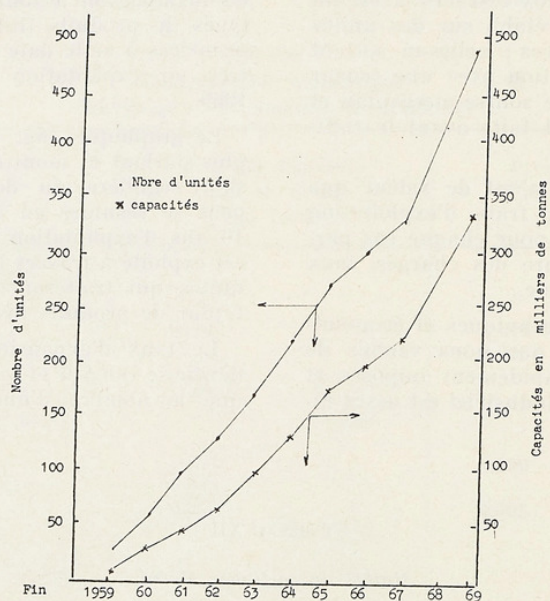


FIG. 12. — Développement industriel du Procédé Méroxo

**

Je voudrais maintenant tirer une leçon de cet heureux développement en réfléchissant aux conditions qui l'ont rendu possible.

Ce furent d'abord de constants échanges de vues et de fructueuses discussions entre M. Quiquerez et moi-même à l'occasion de l'étude des procédés existants et de leur perfectionnement et à l'occasion aussi d'études plus fondamentales sur la réactivité des Mercaptans et sur le mécanisme de leur oxydation.

C'est de cette collaboration, si étroite qu'il est impossible de discerner l'apport de chacun, que se dégagait progressivement l'idée directrice qui prit corps le jour où nous eûmes la possibilité de la soumettre à la critique de l'expérience. Mais rien du développement n'a pu se faire par la suite sans le travail d'une équipe d'ingénieurs et de techniciens qui nous ont secondé sans relâche, apportant tout au long des différents stades de l'étude leurs connaissances propres, leur imagination, leur science de l'observation et de l'expérimentation,

avec un acharnement devant les difficultés et un enthousiasme auquel nous devons rendre hommage, comme nous devons rendre hommage à l'importante contribution et au dynamisme de nos collègues de l'Universal Oil Products Co.

Mais aussi, et surtout, rien n'aurait pu se faire sans la clairvoyance de la Direction générale et de la Direction des Recherches de notre Compagnie, qui, après nous avoir chargés de l'ensemble

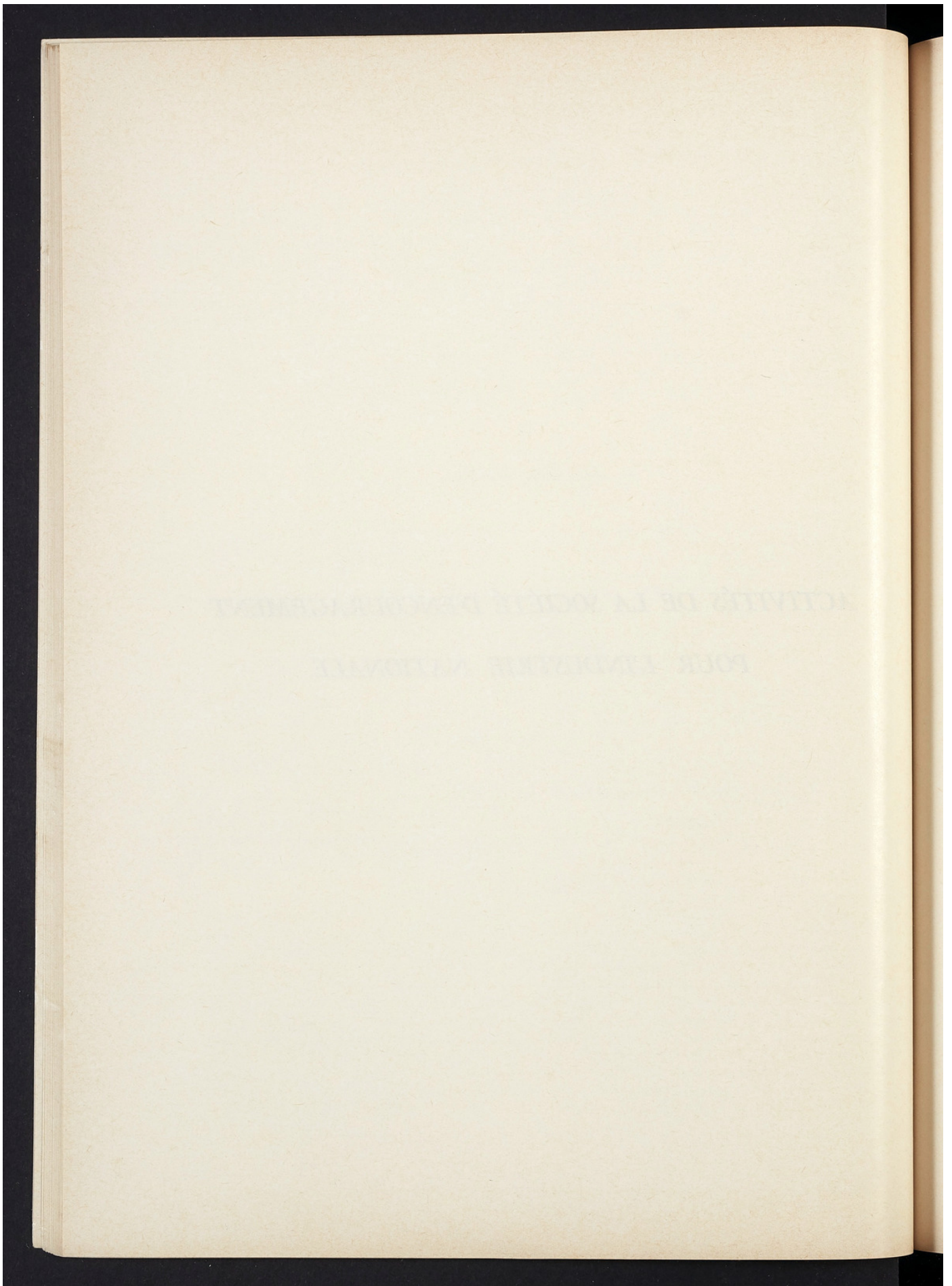
des problèmes que pose l'exploitation des bruts sulfureux, ont bien voulu, dès l'origine, faire confiance à nos projets et nous accorder tous les moyens nécessaires pour le faire aboutir ; il nous est agréable de leur exprimer ici notre gratitude.

Je m'excuse, Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs, de vous avoir retenus si longuement, et je vous remercie de votre attention.

BIBLIOGRAPHIE

1. P. B. FOGLER. — Regenerative Unit for generating oxygen. *Ind. Eng. Chem.* 39, 1353 (1947).
2. DIEHL et al. — Studies on oxygen-carrying cobalt compounds. *Iowa State College Journal Sc.*, 21-110, 21-371 (1947), 22-91 (1948).
3. MARTELL et CALVIN. — *Chemistry of the Metal Chelate Compounds*, Prentice Hall Inc. Edit. (1952).
4. A. GISLON et J.-M. QUIQUEREZ. — Nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers. *Congrès Mondial du Pétrole*, Rome, 1955, Sect. III, Preprint I.
5. J.-M. QUIQUEREZ. — Chimie de l'action des chélates dans le raffinage des produits pétroliers, 4^e Congrès National du Pétrole, Deauville, 1966, T. III, p. 47.
6. J. MAURIN. — Contribution à l'étude Physicochimique des thiols, *Thèse* (Lyon 1953).
7. COMPAGNIE FRANÇAISE DE RAFFINAGE :
B.F. 996.851 (1949) - 1.058.543 (1952) - 1.077.162 (1953) (GISLON, QUIQUEREZ).
B.F. 1.101.183 (1953) - 1.109.982 (1954) - 1.122.357 (1955) (GISLON, QUIQUEREZ, MAURIN).
B.F. 1.152.397 (1956) - 1.174.954 (1957) (QUIQUEREZ, WEISANG)
B.F. 1.230.502 (1959) (WEISANG, SCHERRER, GISLON).
8. W. K. T. GLEIM et P. URBAN (U.O.P.) :
U.S.P. 2.853.432 (1958) - 2.882.224 (1959) - 2.921.020 (1960) - 2.988.500 (1961) - 3.108.081 (1963).
9. K. M. BROWN, W. K. T. GLEIM et P. URBAN. — Low cost way to treat high-mercaptan gasoline. *Oil and Gas Journal*, 26 oct. 1959, p. 73.
10. G. F. ASSELIN et D. H. STORMONT. — Treating light Refinery Products, *Oil and Gas Journal*, 4 janvier 1965.
Anon. MEROX, *Hydrocarbon processing*, 45 (9), 254, sept. 1966.

*ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE*



Remise à la S.N.C.F. du Grand Prix Lamy de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

Introduction

par M. le Président Jacques TRÉFOUËL

Les rapports de la Société d'Encouragement avec les Compagnies de Chemins de fer français, puis avec la S.N.C.F., remontent à l'origine même des transports ferroviaires et, bien entendu, à une époque plus proche, la Société d'Encouragement a applaudi à l'œuvre de l'électrification du réseau ferré.

Nous avons eu, notamment, des conférences sur l'évolution de la traction, en particulier de M. Garreau qui a parlé, en 1951, de la traction électrique par courant monophasé de fréquence industrielle.

Dans un cycle plus récent, consacré à la traction ferroviaire, notre Comité des Arts Mécaniques a abordé successivement : la traction diesel, les locomotives électriques et les locomotives à turbine à gaz.

Il était donc naturel que cette grande institution qu'est la SNCF vint prendre place dans le palmarès du Grand Prix Lamy, au double titre du bon renom de la technique française à l'étranger et du développement des régions. Ces deux titres sont en effet spécifiés dans les conditions d'attribution.

Il n'est pas possible d'énumérer, depuis l'origine, les lauréats que notre So-

ciété a distingué en leur décernant ce Prix. Citons seulement, pour les dernières années : La Compagnie Nationale du Rhône, les Ateliers et Chantiers de la Loire et les Chantiers et Ateliers de St-Nazair Penhoët, la Compagnie Pechiney, la Société Métallurgique d'Imphy, la Compagnie Usinor, la Société des Pétroles d'Aquitaine, la Compagnie de Saint-Gobain, la Régie Nationale des Usines Renault, la Compagnie Générale d'Electricité, la Société Fives Lille-Cail, les Fonderies de Pont-à-Mousson, l'Air Liquide.

Cette liste serait assez éloquente pour nous dispenser d'ajouter que le Grand Prix Lamy est la plus haute distinction que nous puissions attribuer à une firme, institution ou collectivité, comme l'est notre Grande Médaille en ce qui concerne les personnes physiques.

Vous avez bien voulu, Monsieur le Président, attester que vous étiez sensible à cet hommage et ceci de la façon qui nous est, certes, la plus précieuse : en prenant vous-même la parole chez nous ce soir. Nous vous en sommes extrêmement reconnaissants.

Vous avez bien voulu, également, charger M. Garreau — qui fut notre lauréat

et que nous revoyons avec plaisir dans nos murs — d'un exposé technique sur ce problème des grandes vitesses, sujet d'un intérêt évident et que les progrès incessants accomplis dans ce domaine, par les Chemins de Fer Français maintiennent au premier plan de l'actualité.

Nous sommes heureux d'accueillir les personnalités de la S.N.C.F. qui honorent cette cérémonie de leur présence. Il m'est particulièrement agréable de saluer mon confrère, Louis Armand, dont

le nom reste attaché à une œuvre que nous avons toujours hautement appréciée.

Bien entendu, je ne saurais omettre de rendre hommage à notre Comité des Arts Economiques que préside M. le Chancelier Jacques Rueff, pour l'heureuse initiative qui nous permet d'ajouter, avec la S.N.C.F., un prestigieux lauréat au palmarès que je viens de rappeler.

Rapport présenté par M. Jacques Debré, au nom du Comité des Arts Economiques, sur l'attribution du Grand Prix Lamy à la Société Nationale des Chemins de Fer Français, pour avoir été un pionnier de l'électrification des lignes à grand trafic et, plus récemment, pour avoir réalisé la traction à fréquence industrielle.

L'attention de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale devait naturellement se porter sur la S.N.C.F., en vue de l'attribution de sa plus haute distinction, pour la valeur scientifique, technique et humaine de son œuvre, pour l'importance nationale de ses réalisations, pour l'excellence et souvent la prééminence de ses hommes, pour la noblesse de ses traditions enrichies par l'héritage des anciens réseaux.

Au-delà de ces caractères généraux, de ces qualités, de cette illustration, des raisons particulières l'ont désignée pour l'attribution du Grand Prix Lamy, dont elle satisfait les exigences de façon exemplaire.

Le développement du chemin de fer avait été un des faits générateurs de la première révolution industrielle. Dans la deuxième révolution que nous vivons aujourd'hui, la S.N.C.F. a joué un rôle qui a fait du chemin de fer l'un des promoteurs les plus actifs de la modernisation par l'électrification.

La S.N.C.F. a ainsi continué et généralisé une politique d'équipement électrique, qui avait été engagée dès la fin de la première guerre mondiale, par de hardis pionniers, à la tête desquels se détache le nom d'Hippolyte Parodi ; cette politique s'est inscrite, dans la géo-

graphie industrielle du pays, sous la forme de grands barrages et de transports de force à longue distance ; elle fut épaulée par l'animateur hors de pair, je dirais même inoubliable, qu'était Raoul Dautry.

La S.N.C.F., plus tard, sous l'impulsion magistrale et l'autorité de Louis Armand, orientant ses études et celles de l'industrie électrique aux fins de devancer et surpasser les travaux faits dans ce sens à l'étranger, a doté, après la dernière guerre, les chemins de fer français d'un système d'électrification en courant de force industrielle. Ce système a déjà été adopté, en raison de ses multiples avantages, par maints pays étrangers, dont le Japon, l'Inde, la Russie. Il est donc parti pour faire le tour du monde et affirme à cet égard, d'éclatante façon, la primauté de sa conception et celle de la construction électrique française tout entière.

Pour ces raisons, pour cette continuité, notamment dans l'entraînement vers le progrès, pour avoir deux fois, à des époques cruciales, joué le rôle de précurseur mondial et indiqué la voie à suivre sur un des fronts les plus importants de la modernisation, la S.N.C.F. s'est acquis des mérites exceptionnels au regard de l'industrie nationale.

Allocution prononcée par M. le Président SEGALAT

MESSIEURS LES PRÉSIDENTS,
MESSIEURS LES MEMBRES DE L'INSTITUT,
MESDAMES, MESSIEURS,

En ces lieux presque centenaires qui ont accueilli tant d'hommes illustres de la science et de l'industrie française, et qui ont été le théâtre de si nombreuses communications savantes, nous ressentons profondément l'honneur fait aujourd'hui à la Société Nationale des Chemins de Fer Français.

Nous y sommes même d'autant plus sensibles que nous avons le sentiment, avant que vous leur attribuiez le Grand Prix Lamy, que parmi tant de lauréats prestigieux, les Chemins de Fer Français avaient déjà grandement bénéficié des suffrages de vos différents jurys.

Dans les années qui précédèrent la naissance de la S.N.C.F., vous aviez discerné votre Médaille d'Or à trois de nos anciennes Compagnies. A des époques plus proches, et, notamment, au cours de ces dernières décennies, plusieurs de nos ingénieurs ont reçu de vous de flatteuses récompenses pour les études et les travaux qu'ils avaient menés à bien en vue de perfectionner la technique ferroviaire. La nouvelle distinction que nous accorde la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale vient donc couronner une tradition déjà longue et elle atteste que, tout au long de son histoire, le chemin de fer a su demeurer à la pointe du progrès industriel.

Qu'il me soit permis, Monsieur le

Président, en vous exprimant la vive gratitude de notre Société, de vous remercier aussi des propos que vous venez de nous adresser. Je ne manquerai pas d'associer à ces remerciements M. le Président Lecomte sous le mandat duquel votre Société a pris sa décision en avril 1967. L'éclat de vos titres scientifiques, Messieurs, ajoute encore au prix que nous attachons à cette récompense.

MESSIEURS,

Votre Commission des Arts Economiques et son éminent Président, M Jacques Rueff, ont bien voulu consacrer l'ensemble de l'œuvre réalisée par la S.N.C.F. dans l'électrification de son réseau.

C'est une excellente occasion pour ceux qui sont actuellement sur la brèche de rendre hommage aux grands ingénieurs qui, peu après la première guerre mondiale, ont été les pionniers de ce nouveau mode de traction. Nous vivons encore, en grande partie sur le choix fait par eux en 1920 du courant continu de 1.500 volts. C'est ce choix qui a permis un développement harmonieux du réseau ferroviaire national d'énergie électrique.

Le réseau électrifié en courant continu 1.500 volts a aujourd'hui une longueur de 4.752 km, soit un peu plus de la moitié de l'ensemble du réseau électrifié.

Quant aux performances, elles sont célèbres : qu'il me suffise de rappeler

que le « Mistral » et le « Capitole » appartiennent à ce système de traction électrique.

Mais nous vivons à une époque où les techniques évoluent très vite.

Nul n'était mieux qualifié que M. Jacques Debré, technicien de haut renom et grand animateur industriel, pour souligner la mutation accomplie après la dernière guerre par la mise au point en France de la traction électrique à fréquence industrielle et pour évoquer son retentissement mondial.

Entre ce départ et cet accomplissement, la S.N.C.F. a gravi les pentes difficiles de la technique ; mais tout au long du chemin, elle s'est sentie constamment solidaire de l'industrie nationale. Le premier noyau de novateurs a été constitué par des ingénieurs électriciens de l'industrie et des ingénieurs électriciens de la S.N.C.F. Leur cohésion procédait de leur parfaite communion dans la foi qui animait un grand cheminot, M. Louis Armand, que je suis heureux de saluer parmi vous. C'est cette foi qui a permis de surmonter, en commun, les premières difficultés, de livrer, en commun, plusieurs batailles contre les obstacles techniques ou contre le scepticisme de beaucoup.

Aujourd'hui, les résultats sont connus de tous.

Ils dépassent en efficacité ce que les plus optimistes pouvaient, à l'origine, escompter. Mais le résultat le plus éloquent est le rayonnement rapide du nouveau système à travers le monde. S'il couvre en France 3.775 km de lignes, il règne dans le monde sur 22.000 km et pénètre dans dix-sept pays, en tête desquels viennent l'U.R.S.S., l'Inde, le Japon, la Grande-Bretagne.

L'industrie française a exporté plus de 300 équipements électriques de locomotives ou d'automotrices à fréquence industrielle sans compter les licences de fabrication ou les pièces de rechange. Par rapport aux exportations de même nature, faites dans le même temps par les grands constructeurs européens, la part de notre industrie dépasse largement celle que lui aurait assignée son

potentiel de fabrication. C'est le fait de sa position de pionnier et de la réputation technique qu'elle avait acquise, en commun avec nos Ingénieurs, sur la ligne expérimentale de Savoie d'abord, sur celle de Valenciennes-Thionville ensuite.

N'oublions pas les succès de la nouvelle ligne du Tokaido au Japon. C'est en 1955 que les chemins de fer japonais ont envoyé une mission en France. C'était alors une période de grand renouveau pour le rail. La première locomotive à 50 périodes entre Valenciennes et Mohon avait circulé en juillet 1945. La S.N.C.F. venait de conquérir, en mars 1955, le record mondial de vitesse sur une ligne électrifiée en courant continu. Elle conviait, en mai de la même année, tous les réseaux étrangers à des journées d'information sur la traction à fréquence industrielle. Les Japonais emportèrent deux certitudes qu'ils n'auraient pu recueillir ailleurs qu'en France ; la première, c'est que le système d'électrification à adopter pour la ligne qu'ils projetaient était le système à fréquence industrielle ; la seconde c'est que l'on pouvait faire de grandes vitesses sur le rail.

Le record absolu de vitesse était lui-même l'aboutissement de longs efforts. Quand je parle d'aboutissement, je n'évoque pas quelque chose qui se termine. C'était plutôt un nouveau départ. Car ce record montrait la marge importante de possibilité et de sécurité dont nous disposions par rapport aux vitesses usuelles. Atteindre 331 km/h deux jours de suite, c'était une façon d'annoncer que l'on pourrait, quand on le voudrait, rouler à 200 km/h, en service commercial, chaque jour de l'année.

C'est ce que nous avons décidé de faire l'an dernier lorsque nous avons eu la certitude que toutes les solutions techniques étaient abondamment éprouvées et que, sur le plan des besoins du public comme sur le plan financier, ce nouvel échelon de vitesses était économiquement justifié.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler, à ce sujet, que, si la vitesse limite sur le

réseau français a été fixée, dès 1853, à 120 km/h, il a fallu attendre jusqu'en 1935 pour qu'elle soit portée à 140 km/h.

Depuis lors, elle a été élevée successivement à :

- 150 km/h en 1937,
- 160 km/h en 1965,
- 200 km/h en 1967.

Ces chiffres mesurent bien l'accélération du progrès.

Au demeurant, la S.N.C.F. n'avait pas attendu les 200 km/h du nouveau « Capitole » pour se rendre compte de l'intérêt économique de la vitesse. Au service d'été 1967, les relations assurées à une moyenne égale ou supérieure à 120 km/h représentaient quotidiennement 22.000 km, dont 2.000 parcourus à plus de 130 km/h de moyenne. Ces trains sont précisément ceux pour lesquels les recettes dépassent le plus largement le prix de revient.

Ils comportent une forte proportion de trains de soirée, particulièrement appréciés de nos voyageurs, qui, sur des distances allant jusqu'à 600 km, permettent de relier Paris à la plupart de nos grandes villes sans sacrifier ni un après-midi de travail, ni une nuit de sommeil.

Ainsi, depuis plus de dix ans, l'évolution du chemin de fer vers les grandes vitesses a été l'une des préoccupations de la S.N.C.F. Mais, si les problèmes techniques soulevés par cette évolution ont mobilisé nos meilleurs ingénieurs, nos économistes se sont, de leur côté, attachés à en établir le bilan. Ce bilan s'est toujours révélé favorable et nous y avons trouvé la justification de notre action.

La circulation à grande vitesse entraîne des dépenses supplémentaires, mais aussi des économies, qui tiennent à une meilleure utilisation du personnel et à une rotation accélérée du matériel. A titre d'exemple, le parcours annuel de chacune des voitures du « Capitole », y compris celles qui doivent être tenues en réserve, sera, à partir de l'été prochain, de 325.000 km.

Plus difficile peut-être est l'appréciation des recettes supplémentaires. Elles dépendent de l'augmentation de la demande du fait de l'amélioration du service rendu. Quant au profit pour la collectivité, conséquence du temps gagné par l'ensemble des usagers, nous avons pu l'évaluer en nous appuyant sur les nombreuses études effectuées à ce sujet, notamment sur les autoroutes.

Dans le cas du « Capitole », ces calculs préalables montraient qu'il suffisait d'une augmentation assez modeste de la fréquentation de ce train pour assurer la rentabilité de l'opération et que cette augmentation modeste était précisément celle que l'on pouvait attendre.

Or, maintenant, nous connaissons les résultats. L'augmentation de la fréquentation du « Capitole » n'a pas été modeste ; elle dépasse de loin ce qui avait été estimé à partir des hypothèses faites sur l'élasticité de la demande. Il y a donc une vaste clientèle qui est prête à répondre à nos efforts lorsque nous lui offrons à la fois la vitesse et le confort.

Cette expérience nous incite à étudier d'autres réalisations en matière de grandes vitesses, que ce soit par l'utilisation de la traction électrique ou par le recours à d'autres modes de propulsion, comme la turbine qui vient d'être expérimentée avec des résultats prometteurs. De telles améliorations sont encore possibles dans la limite imposée par le tracé de nos voies.

Au-delà de cette limite, des possibilités nouvelles s'ouvriraient au chemin de fer le jour où il pourrait s'affranchir des contraintes de tracé héritées des bâtisseurs de notre réseau.

Ce jour viendra lorsque les études économiques, tenant compte du développement des besoins de transport et intégrant les exigences de l'aménagement du territoire, auront établi que des infrastructures nouvelles affectées aux transports des voyageurs à grande vitesse sont justifiées. La technique ferroviaire pourra alors disposer, dans la compétition, de tous ses atouts.

Vous savez, en outre, que la S.N.C.F. porte intérêt à des techniques utilisant

des infrastructures autres que le rail comme celles de l'aérotrain. C'est dire que nous n'entendons fermer aucune porte dans cette prospection de l'avenir.

Que ce soit, en fin de compte, sur nos voies actuelles ou sur de nouvelles voies, nous sommes convaincus que notre politique de grandes vitesses doit être développée. Elle répond aux besoins d'un public qui entend multiplier ses déplacements mais qui connaît la valeur du temps et qui souhaite aussi que le voyage soit pour lui l'occasion d'une véritable détente. Quel mode de transport, par son confort et par sa sécurité, peut la lui offrir plus que le chemin de fer ?

Enfin, cette politique, pour reprendre une image dont on use volontiers aujourd'hui, a d'importantes « retombées » dans tous les domaines de la technique ferroviaire. Elle a été à la source de progrès considérables dans la construction

des véhicules, le freinage, la signalisation, les recherches sur l'automatisation, l'entretien de la voie.

Elle contribue ainsi grandement au renom de notre technique — ce qui est à la fois un gage de vitalité pour le chemin de fer et un sceau de qualité pour notre industrie nationale.

Je vais maintenant, avec votre permission, Monsieur le Président, céder la parole à M. Garreau, que tous ici connaissent puisqu'il a été précisément un de nos ingénieurs dont vous avez tenu à couronner les travaux et qui, pour avoir été un des grands artisans des progrès accomplis par la traction électrique, pourra vous apporter toutes les ressources d'une compétence hors de pair dans l'exposé des problèmes techniques que le chemin de fer a eu à résoudre en matière de grandes vitesses.

Remise de la médaille Louis Pineau

au titre de l'année 1966

*à M. François Emmanuelli **

I. - Allocution de M. Jacques Tréfouël

Membre de l'Institut, Président de la Société d'Encouragement

MADAME,

MESDAMES, MESSIEURS.

MES CHERS COLLÈGUES,

Je suis doublement heureux d'avoir à présider cette séance.

Tout d'abord, parce que c'est pour moi l'occasion de rendre hommage à la mémoire d'un de mes prédécesseurs auquel notre Société doit tant.

Au lendemain de la guerre, Louis Pineau rendit une activité nouvelle à notre vénérable Société.

Il avait d'ailleurs derrière lui une magnifique carrière d'animateur. En particulier, ce fut à lui qu'après la guerre de 1914-18 la France dut l'initiative et la réalisation de cette heureuse politique du pétrole qui se révéla si féconde sur le plan technique comme sur le plan économique.

Ensuite, il m'est très agréable de saluer les nombreuses personnalités du

monde du pétrole qui ont bien voulu se joindre à nous pour assister à la remise de la Médaille Louis Pineau, instituée en souvenir de ce grand Président.

Depuis l'origine, la liste des lauréats de cette médaille constitue un très beau palmarès, puisqu'elle a été attribuée successivement à MM. Jean de Vries, Louis Chové, André Maratier, René Perrin, Léon Migaux, Ernest Mercier, René Navarre, Roger Buttin, Paul Moch, Armand Colot, Jacques Andrault, l'Ingénieur général Blanchard, André Martin, André Giraud, Jacques Bouvet et Louis Cagniard, tous bien connus des pétroliers, pour leurs recherches et leurs réalisations.

Le rapport que vous allez en entendre de notre collègue M. Chaffiotte vous montrera certainement les titres éminents qui désignent M. François Emmanuelli pour en être à son tour le titulaire.

Je donne donc la parole à M. Chaffiotte.

(*) A la séance de la Société d'Encouragement, le 16 mai 1968.

II. - Rapport de M. Pierre Chaffiotte

au nom du Comité des Arts Mécaniques

sur l'attribution de la Médaille Louis Pineau à M. François Emmanuelli pour l'impulsion qu'il a donnée à la création de matériels français, en vue de la recherche et de l'exploitation pétrolières.

M. Emmanuelli est né le 3 juin 1908 à Marseille. Après l'Ecole Polytechnique et l'Ecole d'Application de l'Artillerie Navale, il entre à la Direction de l'Artillerie Navale à Toulon, où il reste de 1932 à 1936, puis à celle de Bizerte de 1936 à 1940.

Il est affecté, ensuite, à la Direction de la Production Industrielle de Tunisie. C'est en 1945 que s'affirme sa vocation de grand pétrolier. Conscient des besoins considérables d'une industrie nationale naissante, il crée et préside la Société Nationale de Matériel pour la recherche et l'Exploitation du Pétrole (S.N. Marep).

Sous son impulsion, la S.N. Marep a promu une gamme importante de matériels de forage, de pompage et de production de force motrice qui ont atteint un renom international.

C'est ainsi qu'en association avec MM. Grosshans et Ollier il crée les moteurs M.G.O., dont la licence a été acquise et exploitée sur une très grande échelle par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, laquelle ajouta à ses activités traditionnelles celle de Dieselliste international, qui se poursuit avec succès avec les moteurs A.G.O.

Avec la Société Hispano-Suiza, la S.N. Marep a créé la Société des Turbines Hispano-Suiza et S.N. Marep, T.H.M., dont les machines équipent en grand nombre les oléoducs et gazoducs sahariens. Là encore, l'impulsion donnée par M. Emmanuelli dans le cadre des besoins nationaux a eu un prolongement international remarquable, car la plupart des turbines T.H.M. sont vendues hors frontières : Algérie, Sénégal, Rou-

manie, Argentine, et une licence a été concédée à la Société américaine Nordberg.

En association avec la Snecma, la S.N. Marep a lancé les turbines à gaz Turboma, utilisant directement comme générateur de gaz les turboréacteurs Atar.

Les derricks de forage eux-mêmes furent fabriqués en France grâce à la S.N. Marep, de même que certains de leurs auxiliaires, telles les pompes à boue.

Tout en œuvrant puissamment à la création et la promotion de matériel français, M. Emmanuelli prit une part particulièrement active dans la direction de Sociétés vouées à la recherche pétrolière.

De 1956 à 1962, il est Président-Directeur Général de la Compagnie Nouvelle de Forages Pétroliers (Forenco). Il est actuellement Administrateur de la Société de Forages Pétroliers Languedocienne - Forenco, de la compagnie de Recherche et d'Exploitation de Pétrole au Sahara (Creps), de la Société de développement opérationnel des richesses sous-marines (Doris), de la Compagnie Technip.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, voyant en M. Emmanuelli un authentique pionnier du pétrole français, et un promoteur actif et courageux de matériels nationaux dans une industrie dominée par la technique étrangère, se devait de lui accorder la récompense que Louis Pineau — le visionnaire de l'essor pétrolier national — a destinée aux continuateurs de son œuvre.

Prix et Médailles

décernés par la Société d'Encouragement pour l'année 1967

I. - Distinctions exceptionnelles

La Grande Médaille de la Société d'Encouragement est attribuée à M. Ivan PEYCHÈS, pour l'ensemble de ses travaux en recherche pure et appliquée, et en particulier pour la contribution extrêmement importante qu'il a apportée aux techniques du verre, sur rapport de M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Grande Médaille Michel Perret est attribuée à la Société HURÉ, pour la place particulièrement importante qu'elle occupe sur le marché mondial, dans la fabrication des divers types de fraiseuses, en raison de la remarquable qualité de sa production, sur rapport de M. Pommier, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Oppenheim est attribuée à M. Gérard FAURE, pour les remarquables contributions qui lui sont dues dans le domaine de l'analyse expérimentale des contraintes, sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Louis Pineau est attribuée à MM. André GILSON et J.-M. QUIQUEREZ, Conseillers scientifiques à la Compagnie Française de Raffinage, pour la réalisation d'un nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers, sur rapport de M. Brocart (*), au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille Dumas est attribuée à M. Marcel BUCHLER, pour l'ensemble de sa carrière, sur rapport de M. Bergeron, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille Dumas est attribuée à M. Albert ROUSSEAU, pour l'ensemble de sa carrière, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Marchal, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

(*) Voir page 62, le texte de ce rapport.

II. - Médailles d'or

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Yves BÉTOLAUD, pour son action à la tête des Services de la Protection de la Nature et, notamment, pour la mise en place des parcs nationaux de la Vanoise et de Port-Cros, puis du parc national des Pyrénées occidentales, sur rapport de M. Vayssière, au nom du Comité d'Agriculture.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Henri GESLIN, promoteur de la bioclimatologie agricole, sur rapport de M. Baratte, au nom du Comité d'Agriculture.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Robert LICHTENBERGER, pour son action comme Directeur du Centre de Recherches de Lyon de la Société Ugine : perfectionnement de procédés, recherches de laboratoire et mises au point pilotes de procédés, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. André THIÉBAULT, pour son rôle éminent, comme animateur du Service d'étude des autoroutes, sur rapport de M. de Rouville, au nom des Comités des Constructions et Beaux-Arts et des Arts Economiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à la COMPAGNIE D'AMÉNAGEMENT DES COTEAUX DE GASCOGNE, pour sa contribution à la rénovation économique et à l'aménagement du territoire de cette région, sur rapport de M. Carrière, au nom du Comité des Arts Economiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Pierre-Donatien COT, pour les très importants travaux qu'il a dirigés, dans le domaine des ports maritimes, dans celui des ponts et dans celui des aéroports, sur rapport de M. Majorelle, au nom du Comité des Arts Economiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Pierre NASLIN, pour sa triple carrière d'Ingénieur, de Professeur et de Chercheur, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Carougeau, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. André GUINIER, pour l'ensemble de ses travaux qui sont, à la fois, de haute portée scientifique fondamentale et d'une incontestable utilité pour les industries chimiques et métallurgiques, sur rapport de M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Rappelons qu'à l'occasion de séances spéciales :

La Médaille Bardy a été attribuée à M. Claude CABRILLAC, pour la 26^e Conférence Bardy « Problèmes de corrosion et moyens d'étude dans une grande industrie : Electricité de France », sur rapport de M. Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Carrion a été attribuée à M. le Professeur Raoul KOURILSKY, pour la 31^e Conférence Carrion « Les effets pathogènes de l'immunité spécifique », sur rapport de M. Jacques Tréfouël, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

III. - Médailles et prix spéciaux

Le Prix Thenard est attribué à la FÉDÉRATION NATIONALE DES COOPÉRATIVES D'UTILISATION DE MATÉRIEL AGRICOLE (CUMA), pour l'action exercée par celles-ci en vue de la modernisation de l'Agriculture, sur rapport de M. Baratte, au nom du Comité d'Agriculture.

Le Prix Parmentier est attribué à M. André GAC, pour ses travaux sur la conservation des denrées par le froid, sur rapport de M. le Vétérinaire Général Guilot, au nom du Comité d'Agriculture.

La Médaille Jollivet est attribuée à la Société RIVIÈRE-CASALIS, pour son rôle dans le développement du machinisme agricole, sur rapport de M. Baratte au nom du Comité d'Agriculture.

Le Prix Osmond est attribué à M. Gérard PINARD-LEGRY, pour ses travaux en matière de métallographie et d'étude de la corrosion, sur rapport de M. Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Prix de la Classe 51 est attribué à M. Maurice LEFEBVRE, pour ses travaux dans le domaine des extincteurs, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Menier est attribuée à M. Henri FORESTIER, pour ses services au Laboratoire municipal, ainsi que pour ses travaux personnels, sur rapport de M. Chovin, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Armengaud est attribuée à M. Alfred CHAMPAGNAT, pour la réalisation d'un procédé de production des protéines à partir du pétrole, sur rapport de M. Majorelle, au nom du Comité des Arts Economiques.

La Médaille Roy est attribuée à M. Bernard HEPP, pour son étude sur la Monnaie et le Crédit en Afrique noire francophone, sur rapport de M. Soulet, au nom du Comité des Arts Economiques.

Le Prix Carré est attribué à M. André DECELLE, pour son œuvre dans le domaine de la production et de la distribution de l'énergie électrique, sur rapport de M. Grandpierre, au nom du Comité des Arts Economiques.

Le Prix Letort est attribué à M. Armand LE LAN, pour sa carrière consacrée au progrès des machines-outils et, notamment, pour la réalisation des tours du système « Pilote », sur rapport de M. l'Ingénieur Général Carougeau, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Farcot est attribuée à M. G. COUPRY, pour ses Mémoires touchant divers aspects du comportement des structures d'avions, sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Richard est attribuée à M. Pierre BUISSON, pour les progrès qu'il a fait réaliser, dans le domaine des industries relevant de la mesure et de la métrologie, sur rapport de M. Pommier, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Giffard est attribuée à M. Rodolphe HERRMANN, pour ses études et réalisations de moteurs, dans le cadre de la Société Hispano, sur rapport de MM. Brun et Chaffiotte, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Massion est attribuée à M. Pierre DEBOS, pour les progrès qu'il a réalisés, au cours de toute sa carrière, dans le domaine des fabrications mécaniques, sur rapport de M. Picard, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Le Prix Melsens est attribué à M. Guy HENRY, pour son apport personnel dans le développement de techniques variées, aux multiples applications en métallographie et dans les industries métallurgiques et mécaniques, sur rapport de M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Prix Galitzine est attribué à M. Jean HÉRENGUEL, pour ses nombreux travaux, notamment dans le domaine des recherches et des applications métallurgiques, sur rapport de M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Médaille Gaumont est attribuée à M. Raymond BLANC-BRUDE, pour ses travaux de micro-cinématographie biologique, sur rapport de M. Ponte, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

IV. - Médailles de vermeil

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Claude PY, pour ses travaux sur la production fruitière, sur rapport de M. Baratte, au nom du Comité d'Agriculture.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Lucien TURC, pour ses études concernant le bilan de l'eau dans la nature et le calcul de l'évapo-transpiration potentielle, sur rapport de M. Hénin, au nom du Comité d'Agriculture.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Elie VENTURA, pour son action de protection des végétaux, sur rapport de M. Lhoste, au nom du Comité d'Agriculture.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. François GALTIER, pour les perfectionnements qu'il a apportés à des appareils de laboratoires et pour les recherches qu'il a pu faire grâce à ces perfectionnements, sur rapport de M. Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Paul POIX, pour ses différentes études magnétiques et structurales, sur rapport de M. Michel, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Jean-Pierre SÉNATEUR, pour ses travaux de recherche, au Laboratoire de Chimie minérale du Centre d'Etudes de Chimie Métallurgique de Vitry, sur rapport de M. Michel, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Eugène MAITRE, pour ses activités industrielles, ainsi que pour son rôle en matière d'enseignement technique, sur rapport de M. Pommier, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Stanislas GOLDSZTAUB, pour ses études sur les cristaux, sur rapport de M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Charles LEGRAND, pour ses nombreuses recherches dans le domaine des rayons X, sur rapport de M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Serge LOWENTHAL, pour ses travaux, dans le domaine de l'optique, la métrologie, l'électro-optique et l'holographie, sur rapport de M. Arnulf, au nom du Comité des Arts Physiques.

V. - Médailles d'argent

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Maurice COTEN, pour la réalisation d'appareils spéciaux, au Centre de recherches de microcalorimétrie et de thermochimie du C.N.R.S., à Marseille, sur rapport de M. Laffitte, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M^{lle} Jacqueline HELIE-CALMET, pour sa contribution à la mise au point d'une méthode analytique de caractérisation et d'identification de traces d'explosifs, au Laboratoire municipal, sur rapport de M. Chovin, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. René CANTRELLE, pour ses travaux dans le domaine du calcul des contraintes, sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Albert PESSONNEAUX, pour la valeur professionnelle dont il a fait preuve, pendant toute sa carrière au service de la Société Hispano-Suiza, sur rapport de M. Chaffiotte, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Roger PLUCHET, pour son activité consacrée à la formation des cadres de techniciens, sur rapport de M. Pommier, au nom du Comité des Art Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Claude GAZANHES, pour ses travaux scientifiques variés, et notamment pour ses études concernant les ondes ultrasonores, sur rapport de M. Canac, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Edmond PERRIARD, pour ses nombreuses et diverses collaborations techniques dans le domaine de la recherche et de l'enseignement, sur rapport de M. Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Chistian SAUVAIRE, pour ses recherches concernant l'étude microgéométrique et microstructurale des surfaces d'acier usinées, sur rapport de M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

VI. - Médailles de bronze

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Alain ROUAULT, pour ses études et travaux en métallurgie et métallographie, sur rapport de M. Michel, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Jean BLANCHETON, pour ses services, comme mécanicien à l'atelier de La Londe, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Christian DOLIN, pour ses précieux services comme collaborateur technique de laboratoire, sur rapport de M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. René FADEL, pour la collaboration technique de plus en plus efficace qu'il a apportée à la recherche scientifique, sur rapport de M. Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Jack NOVI, pour les services techniques rendus par lui, tant dans la Marine Nationale qu'au Laboratoire des hautes pressions du C.N.R.S., sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Jacques ROUX, pour sa haute qualification professionnelle et le précieux concours qu'il a apporté aux chercheurs, sur rapport de M. Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

VII. - Distinctions décernées au titre social

Le Prix Fourcade est attribué conjointement :

— à M. Oreste MAFFEI, Agent de Maîtrise à la Compagnie Salinière de la Camargue, présenté par la Compagnie Pechiney ;

— et à M. Pierre MASSÉ, Aide-Caissier à l'usine de Loos, présenté par la Société des Usines chimiques Ugine-Kuhlmann.

Tous deux comptent 47 ans de services ininterrompus dans ces entreprises.

Médailles des ouvriers, contremaîtres et cadres d'exécution.

Ancienneté

MM. G. LARRALLE (Alsthom) ; C. BILLY, J. LACOSTE, H. LAURENT, P. PERRAUD, R. SALMON (Chantiers de l'Atlantique) ; A. CORNET (J.-J. Carnaud et Forges de Basse-Indre) ; A. DAVID, G. DELAUNAY, C. LELAY (Dubigeon Normandie) ; P. DEON (Laboratoire Central de l'Armement) ; V. AGHETTI, A. DEL FAVA, A. DUPIN, F. NIVA, L. PONS (Pechiney) ; R. POUILLIN (Régie Renault) ; R. BEURIOT, C. BOUCHEQUET, A. CHABERT, E. DEMAÇON, C. GENIN, F. GODET, R. MARCHANDISE, R. MARTIN, F. PERROUD, B. PINCON, J. POINSIGNON, R. RENAUD, R. SCHOENEBERGER, G. SOTTEAU (S.N.C.F.) ; P. GLAENZEL, L. MASSÉ, C. TOTI (Société des Usines chimiques Ugine-Kuhlmann).

Titre mixte

MM. A. DUBOSC, J. GUYOT, P. JACQUES (Alsthom) ; P. DAURÉ, H. JOULLIE, G. SOULIÉ, A. VERON (Pétroles d'Aquitaine) ; R. BONNET, R. SANTERRE (Chantiers de l'Atlantique) ; J. AUBÉY, J. BARBERA, M^{me} G. GARREAU, MM. J. NICOLAS (J.-J. Carnaud et Forges de Basse-Indre) ; G. MARIOT (Dubigeon-Normandie) ; R. ROCA (Elf Union) ; J. DUTREUIL, G. OUIN (Esso Standar) ; R. LÉPINE, M. ROMET (Française de Raffinage) ; J. KUHNE, M. SUSINI, L. TANEUX (Française des Pétroles, Algérie) ; J.-B. CAGNION (Laboratoire Central de l'Armement) ; J. GARCIA (Nobel Bozel) ; J. CHARRIER, A. ROLLET (Pechiney) ; M. ALLUIN, M^{me} P. ANSELMO, MM. P. AUBARD, A. COPREAU, G. COUSIN, B. DARDOUILLET, J. DAUBIGNEY, L. DUFOUR, R. EVERARD, G. JOURDAIN, M. MAURIN, A. PRÉVOT, L. VAUMORON (Régie Renault) ; R. JEANNERET, A. LUCAS, C. MORAND (Saint-Gobain) ; J. GUERSY, A. MARTIN, R. PROTAT, L. TARAVELLA (Shell) ; L. AUBERT, R. BOUILLER, R. GAUNIE, R. GENDRE, J. HENRY, P. LABARRIÈRE, E. LEYRAL, P. PICATTO, A. POITEVIN (S.N.C.F.) ; G. CHAVIN, A. GUAZZONE, A. PLACIDE, R. PORTAL (Ugine-Kuhlmann) ; F. BIGAN, J. GOSSEYE, E. JANUS (Sté des Usines chimiques Ugine-Kuhlmann).

Médaille Louis Pineau

au titre de l'année 1967

à MM. A. Gilson et J.-M. Quiquerez

Rapport de M. Jean Brocart

au nom du Comité des Arts Chimiques

sur l'attribution de la Médaille Louis Pineau à MM. André Gilson et Joseph-Marie Quiquerez, pour la réalisation d'un nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers

Dans un magistral exposé qu'ils firent ici même cet été — dans un environnement un peu troublé — MM. Gilson et Quiquerez ont donné un aperçu sur la partie principale de leurs dernières activités. (*).

C'est la première fois, je pense, que la Médaille Louis Pineau est accordée à des chimistes, et ceci est une indication qui a son importance : le traitement du pétrole brut, pour parvenir à un optimum d'utilisation, fait de plus en plus appel à la chimie.

Dans le cas particulier, MM. Gilson et Quiquerez ont attaqué, par voies originales, un problème d'importance mondiale, celui de la pollution atmosphérique par les mercaptans et par les produits

sulfurés issus de la combustion de l'essence dans les moteurs d'automobiles.

Le mécanisme chimique et le développement de ces procédés a été précisé dans la conférence mentionnée.

Qu'il suffise de dire que chaque jour, dans plus de 500 installations situées dans des raffineries du monde entier, un total de 400.000 tonnes — je dis bien 400.000 tonnes par jour — est traité par ces procédés.

Le montant des licences obtenues de l'étranger joue un rôle favorable dans notre balance commerciale.

Voilà qui fait honneur à notre pays et prouve que dans un domaine international, le mérite de travaux français a été reconnu.

(*) Voir page 21, le texte de cette conférence.

TABLE DES MATIÈRES

Année 1968

1^o) Conférences

- Le phénomène de polygonisation des métaux et alliages, ses conséquences théoriques et pratiques (25^e Conférence Bardy), par M. Jean MONTUELLE n° 1, p. 5
- Cent ans de l'Histoire du « Figaro » et de la Presse française, par M. Jacques de LACRETELLE n° 1, p. 37
- « Industrialiser l'Agriculture », la formule a-t-elle un sens ?
Présentation, par M. Paul VAYSSIERE n° 2, p. 1
 - Techniques et méthodes de l'industrie, par M. Pierre PIGANIOL n° 2, p. 3
 - Investissements comparés dans l'industrie et dans l'agriculture, par M. Achille DAUPHIN-MEUNIER n° 2, p. 12
 - Discussion n° 2, p. 18
 - Le point de vue des agronomes, par M. Jean REBISCHUNG et par M. Jean COCHARD n° 2, p. 19
 - Discussion n° 2, p. 33
- Méthodes classiques et méthodes nouvelles en photoélasticimétrie, par M. André ROBERT n° 2, p. 37
- Effets pathogènes de l'immunité spécifique (31^e Conférence Carrion), par le Professeur Raoul KOURILSKY n° 3, p. 27
- Les trains d'atterrissage des avions modernes, par M. Pierre LALLEMANT n° 3, p. 1
- Les problèmes techniques posés par les grandes vitesses ferroviaires, par M. Marcel GARREAU n° 4, p. 3
- Nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers, par MM. A. GISLON et J.-M. QUIQUEREZ n° 4, p. 21

2°) Divers

- Rapport sur l'attribution de la Médaille d'Or des Arts Economiques
au journal « Le Figaro », par M. Jacques RUEFF n° 1, p. 49
- Rapport sur les Prix et Médailles décernés au cours de la séance du
3 juin 1967 (deuxième partie) n° 1, p. 53
- Remise du Grand Prix Lamy à la Société Nationale des Chemins de
Fer Français (séance du 15 février 1968) :
 - Allocution de M. Jacques TREFOUËL, Président de la Société
d'Encouragement n° 4, p. 47
 - Rapport de M. Jacques DEBRE, au nom du Comité des Arts
Economiques n° 4, p. 48
 - Allocution de remerciements de M. André SEGALAT, Prési-
dent de la S.N.C.F. n° 4, p. 49
- Remise de la Médaille Louis-Pineau (1966) à M. François EMMA-
NUELLI, à la séance du 16 mai 1968 :
 - Allocution de M. Jacques TREFOUËL, Président de la Société
d'Encouragement n° 4, p. 53
 - Rapport de M. Pierre CHAFFIOTTE, au nom du Comité des
Arts Mécaniques n° 4, p. 54
- Liste des Prix et Médailles décernés pour 1967 n° 4, p. 55
- Rapport de M. Jean BROCARD, au nom du Comité des Arts Chimi-
ques, sur l'attribution de la Médaille Louis-Pineau (1967) à MM.
A. GISLON et J.-M. QUIQUEREZ n° 4, p. 62
- Répertoire quinquennal (années 1964-1968) n° 4, p. 67

INDEX DES AUTEURS

DES CONFÉRENCES PUBLIÉES

Année 1968

- COCHARD (Jean). — Le point de vue des agronomes (*dans le cadre du colloque : « Industrialiser l'Agriculture », la formule a-t-elle un sens ?*) n° 2, p. 26
- DAUPHIN-MEUNIER (Achille). — Investissements comparés dans l'Industrie et l'Agriculture (*dans le cadre du colloque : « Industrialiser l'Agriculture », la formule a-t-elle un sens ?*) n° 2, p. 12
- GARREAU (Marcel). — Les problèmes techniques posés par les grandes vitesses ferroviaires n° 4, p. 3
- GILSON (André) et QUIQUEREZ (J.-M.). — Nouveau procédé de raffinage des produits pétroliers n° 4, p. 21
- KOURILSKY (Raoul). — Effets pathogènes de l'immunité spécifique (*31^e Conférence Carrion*) n° 3, p. 27
- LACRETELLE (Jacques de). — Cent ans de l'Histoire du « Figaro » et de la Presse française n° 1, p. 37
- LALLEMANT (Pierre). — Les trains d'atterrissage des avions modernes n° 3, p. 1
- MONTUELLE (Jean). — Le phénomène de polygonisation des métaux et alliages, ses conséquences théoriques et pratiques (*25^e Conférence Bardy*) n° 1, p. 5
- PIGANIOL (Pierre). — Techniques et méthodes de l'Industrie (*dans le cadre du colloque : « Industrialiser l'Agriculture », la formule a-t-elle un sens ?*) n° 2, p. 3
- QUIQUEREZ (J.-M.). — Voir : GILSON (André) et QUIQUEREZ (J.-M.).
- REBISCHUNG (Jean). — Le point de vue des agronomes (*dans le cadre du colloque : « Industrialiser l'Agriculture », la formule a-t-elle un sens ?*) n° 2, p. 19
- ROBERT (André). — Méthodes classiques et méthodes nouvelles en photoélasticimétrie n° 2, p. 37
- VAYSSIERE (Paul). — Introduction au colloque : « Industrialiser l'Agriculture », la formule a-t-elle un sens ? n° 2, p. 1

RÉPERTOIRE QUINQUENNAL

Années 1964-1968

I

RÉPARTITION

Répartition, par domaines scientifiques, des textes publiés. Ces textes sont désignés ici par leur indice alphabétique (premières lettres en caractères gras, de leur mention dans le « Répertoire général des matières » qui fait suite).

AGRICULTURE : AG - CON - FR² - FR³ - GÉ - INDUSTRIA - MAT - PE - POLL¹ - POLL² - PR² - PR³.

ARTS CHIMIQUES : AC - BA - CA - COMP - DO - FO - HO - IM - INF - JO - NO - PIE - POLY - PR² - PR³ - RA - SID¹ - SID² - SID³ - SPE¹ - SPE² - TH.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS : ENT - PR² - PR³.

ARTS ÉCONOMIQUES : AG - CN - CY - DU - ENT - FE² - F¹ - INDUSTRIA - ING¹ - ING² - NO - POL² - PR¹ - PR² - PR³ - SID³ - SOC.

ARTS MÉCANIQUES : AÉ - AU - CI - COMB - DI¹ - DI² - EL - ES¹ - ES² - FE¹ - FE² - HU - INDR - INDUSTRIE - LA - LO¹ - LO² - MÉ¹ - MÉ² - MÉ³ - PH - POI - POM - PR² - PR³ - SIM - SOU - SPA - ST¹ - ST² - TRAC¹ - TRAC² - TRAD - TRAI - TURBI¹ - TURBI² - TURBO¹ - TURBO².

ARTS PHYSIQUES : CR - DÉ - ÉNE - FR¹ - MAS - PIL - PR¹ - PR² - PR³.

II

RÉPERTOIRE GÉNÉRAL DES MATIÈRES

ACIERS, PAR SPECTROMÉTRIE D'ÉMISSION DANS L'ULTRAVIOLET LOINTAIN (Le dosage en lecture directe des métalloïdes dans les) ..	1966, n° 1, p. 1
AÉROGLISSEURS ET LEURS PERSPECTIVES FUTURES (L'état actuel du développement des)	1964, n° 4, p. 1
AGRICULTURE, LA FORMULE A-T-ELLE UN SENS (« Industrialiser l' ») : Techniques et méthodes de l'industrie. Investissements comparés dans l'industrie et dans l'Agriculture. Le point de vue des agronomes	1968, n° 2, p. 1

AUTO-INFLAMMATION ET COMBUSTION DITE « DÉTONANTE »	1965, n° 4, p. 1
BARDY (Conférences) :	
— 24° : Relations de structure et propriétés des composés métalliques des éléments de transition avec les éléments non métalliques (nitrures, carbures, borures, phosphures, siliciures)	1966, n° 4, p. 3
— 25° : Le phénomène de polygonisation des métaux et alliages, ses conséquences théoriques et pratiques	1968, n° 1, p. 5
CARRION (Conférences) :	
— 28° : L'attaque bactérienne des pierres des monuments ..	1964, n° 4, p. 33
— 30° : Hormones et infection	1967, n° 4, p. 3
— 31° : Hommage à Henri Carrion. Effets pathogènes de l'immunité spécifique	1968, n° 3, p. 27
C.I.R.P. : COLLÈGE INTERNATIONAL POUR L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DES TECHNIQUES DE PRODUCTION MÉCANIQUE (Le)	1966, n° 3, p. 93
C.N.I.F. : CONSEIL NATIONAL DES INGÉNIEURS FRANÇAIS (Le)	1966, n° 3, p. 97
COMBUSTION DITE « DÉTONANTE » (Auto-inflammation et)	1965, n° 4, p. 1
COMPOSÉS MÉTALLIQUES DES ÉLÉMENTS DE TRANSITION AVEC LES ÉLÉMENTS NON MÉTALLIQUES : NITRURES, CARBURES, BORURES, PHOSPHURES, SILICIURES, etc... (Relations de structure et propriétés des)	1966, n° 4, p. 3
CONSERVATION DES DENRÉES ALIMENTAIRES (La). Colloques	1965, n° 3, p. 1
CRYOGÉNIE (La)	1967, n° 3, p. 49
CYBERNÉTIQUE ET ENCÉPHALISATION DES SOCIÉTÉS HUMAINES	1967, n° 4, p. 11
DÉTONATIONS DE VOL SUPERSONIQUE (Les)	1967, n° 2, p. 33
DIESEL ¹ RAPIDES EUROPÉENS (La conception des huiles de graissage pour moteurs)	1967, n° 1, p. 33
DIESEL ² (La traction)	1965, n° 1, p. 1
DOSAGE EN LECTURE DIRECTE DES MÉTALLOÏDES DANS LES ACIERS, PAR SPECTROMÉTRIE D'ÉMISSION DANS L'ULTRAVIOLET LOINTAIN (Le)	1966, n° 1, p. 1
DUMANOIS (Formation des Ingénieurs, l'œuvre de Paul)	1965, n° 4, p. 33
ÉLECTRIQUES (Les locomotives)	1965, n° 1, p. 33
ÉNERGIES (La conversion des)	1964, n° 1, p. 7
ENTREPRISES FRANÇAISES À L'ÉTRANGER, AU COURS DE LA DERNIÈRE DÉCENNIE (Documentation photographique sur des réalisations d')	1967, n° 1, p. 3
ESSAIS ¹ D'APPAREILS PROPULSIFS MARINS À VAPEUR DE L'ÉTABLISSEMENT NATIONAL DE LA MARINE À INDRET (Les stations d') ...	1966, n° 3, p. 57
ESSAIS ² DES MATÉRIELS DE GÉNIE CIVIL À ANGERS (La station nationale d')	1964, n° 3, p. 31
FERROVIAIRE ¹ MODERNE - RAISONS DE L'ÉVOLUTION (La traction) : La traction diesel. Les locomotives électriques. Les locomotives à turbines à gaz	1965, n° 1 et 2
FERROVIAIRES ² (Les problèmes techniques posés par les grandes vitesses)	1968, n° 4, p. 3
« FIGARO » ET DE LA PRESSE FRANÇAISE (Cent ans de l'histoire du)	1968, n° 1, p. 37
FONTE (Techniques et perspectives de la)	1966, n° 3, p. 35
FRROID ¹ - LA CRYOGÉNIE	1967, n° 3, p. 49
FRROID ² DES DENRÉES D'ORIGINE ANIMALE (Acquisitions récentes dans le domaine de la conservation par le)	1965, n° 3, p. 24
FRROID ³ ET SES ADJUVANTS (Le). Colloque sur la conservation des denrées alimentaires d'origine végétale	1965, n° 3, p. 2

GÉNÉTIQUE DANS LA PRODUCTION VÉGÉTALE (La)	1967, n° 3, p. 3
HORMONES ET INFECTION	1967, n° 4, p. 3
HUILES DE GRAISSAGE POUR MOTEURS DIESEL RAPIDES EUROPÉENS (La conception des)	1967, n° 1, p. 33
IMMUNITÉ SPÉCIFIQUE (Effets pathogènes de l')	1968, n° 3, p. 27
INDRET (Les stations d'essais d'appareils propulsifs marins à vapeur de l'établissement national de la Marine, à)	1966, n° 3, p. 57
« INDUSTRIALISER L'AGRICULTURE », LA FORMULE A-T-ELLE UN SENS ? Techniques et méthodes de l'industrie. Investissements comparés dans l'industrie et dans l'agriculture. Le point de vue des agronomes	1968, n° 2, p. 1
INDUSTRIES MÉCANIQUES : CETIM (Le Centre technique des)	1967, n° 1, p. 21
INFECTION (Hormones et)	1967, n° 4, p. 3
INGÉNIEURS¹ FRANÇAIS (Le C.N.I.F. : Conseil National des)	1966, n° 3, p. 97
INGÉNIEURS² (Note sur le nombre des)	1964, n° 1, p. 84
JOLIBOIS (Pierre) : nécrologie	1964, n° 3, p. 1
LANCEURS DE SATELLITES « DIAMANT » ET LEURS DÉRIVÉS POSSIBLES (Les)	1967, n° 2, p. 17
LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES (Les)	1965, n° 1, p. 33
LOCOMOTIVES A TURBINES A GAZ (Les)	1965, n° 2, p. 1
MASERS OPTIQUES A CRISTAUX ET LEURS APPLICATIONS (Les)	1964, n° 1, p. 15
MATIÈRES PLASTIQUES POUR FAVORISER LA CONSERVATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES D'ORIGINE VÉGÉTALE. CAS DES FRUITS ET LÉGUMES (L'emploi des)	1965, n° 3, p. 9
MÉCANIQUES¹ (Le C.I.R.P. : Collège international pour l'étude scientifique des techniques de production)	1966, n° 3, p. 93
MÉCANIQUES² DES FLUIDES (Analyse dimensionnelle et similitude en)	1964, n° 2, p. 3
MÉCANIQUES³ : CETIM (Le Centre technique des industries)	1967, n° 1, p. 21
NORMALISATION DES PRODUITS SIDÉRURGIQUES DANS SES RAPPORTS AVEC LA RECHERCHE, LA TECHNIQUE ET L'ÉCONOMIE (La)	1966, n° 2, p. 35
PESTICIDES DANS LES DENRÉES ALIMENTAIRES (Les résidus de)	1966, n° 3, p. 5
PHOTOÉLASTICIMÉTRIE (Méthodes classiques et méthodes nouvelles en)	1968, n° 2, p. 37
PIERRES DES MONUMENTS (L'attaque bactérienne des)	1964, n° 4, p. 33
PILES A COMBUSTIBLES ? LEURS PERSPECTIVES D'APPLICATION (Les)	1964, n° 3, p. 15
POITIERS (Les souffleries hypersoniques du Centre d'études aérodynamiques et thermiques de)	1965, n° 4, p. 15
POLLUTION¹ DES ALIMENTS (La). Les résidus de pesticides dans les denrées alimentaires (colloque)	1966, n° 3, p. 3
POLLUTIONS² DES OCÉANS ET LEURS RÉPERCUSSIONS SUR LES GRANDS PROBLÈMES DE LA FAIM ET DE LA SOIF DANS LE MONDE (Les)	1966, n° 2, p. 1
POLYAGONISATION DES MÉTAUX ET ALLIAGES, SES CONSÉQUENCES THÉORIQUES ET PRATIQUES (Le phénomène de)	1968, n° 1, p. 5
POMPES. LEUR ADAPTATION AUX APPLICATIONS RÉCENTES (Évolution et progrès des)	1967, n° 3, p. 25
PRIX¹ DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT (Grand)	1965, n° 1, h.t.
PRIX² ET MÉDAILLES DÉCERNÉS (Liste des) :	
— au titre de 1963	1964, n° 4, p. 54
— au titre de 1964	1965, n° 3, p. 48
— au titre de 1965	1966, n° 3, p. 85
— au titre de 1966	1967, n° 3, p. 65
— au titre de 1967	1968, n° 4, p. 55

PRIX³ ET MÉDAILLES DÉCERNÉS (Rapports sur les) :

— au titre de 1962	1964, n° 1, p. 43
— au titre de 1963 :	
- Grand Prix Lamy	1966, n° 2, p. 50
- Autres rapports	1964, n° 4, p. 59
— au titre de 1964 :	
- Grand Prix Lamy	1967, n° 4, p. 23
- Autres rapports	1965, n° 3, p. 53
— au titre de 1965	1966, n° 4, p. 31
— au titre de 1966 :	
- Grand Prix Lamy	1968, n° 4, p. 47
- Médaille Louis-Pineau	1968, n° 4, p. 53
- Médaille d'Or des Arts Mécaniques	1967, n° 2, p. 15
- Médaille d'Or des Arts Économiques	1968, n° 1, p. 49
- Médaille Giffard	1967, n° 2, p. 31
- Autres rapports (1 ^{re} partie)	1967, n° 4, p. 31
- Autres rapports (2 ^e partie)	1968, n° 1, p. 53
— au titre de 1967 :	
- Médaille Louis-Pineau	1968, n° 4, p. 55
RAFFINAGE DES PRODUITS PÉTROLIERS (Nouveau procédé de)	1968, n° 4, p. 21
SIDÉRURGIE¹ - Le dosage en lecture directe des métalloïdes dans les aciers, par spectrométrie d'émission dans l'ultraviolet lointain	1966, n° 1, p. 1
SIDÉRURGIE² - Techniques et perspectives de la fonte	1966, n° 3, p. 35
SIDÉRURGIQUES³ DANS SES RAPPORTS AVEC LA RECHERCHE, LA TECHNIQUE ET L'ÉCONOMIE (La normalisation des produits)	1966, n° 2, p. 35
SIMILITUDE (La) : L'art de la similitude. Analyse dimensionnelle en mécanique des fluides. Applications de la similitude dans le domaine des turbomachines hydrauliques	1964, n° 2.
SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES DE FRANCE (Note sur les)	1964, n° 1, p. 77
SOUFFLERIES HYPERSONIQUES DU CENTRE D'ÉTUDES AÉRODYNAMIQUES ET THERMIQUES DE POITIERS (Les)	1965, n° 4, p. 15
SPATIAL FRANÇAIS (Le programme)	1967, n° 2, p. 1
SPECTROMÉTRIE¹ D'ÉMISSION DANS L'ULTRAVIOLET LOINTAIN (Le dosage en lecture directe des métalloïdes dans les aciers, par)	1966, n° 1, p. 1
SPECTROMÉTRIE² DE FLAMME PAR ABSORPTION ATOMIQUE DANS LES CONTRÔLES INDUSTRIELS, ET NOTAMMENT DANS LES DOSAGES DE TRACES D'ÉLÉMENTS DANS LES GAZ (Quelques possibilités d'application de la)	1966, n° 2, p. 17
STATION¹ NATIONALE D'ESSAIS DES MATÉRIELS DE GÉNIE CIVIL A ANGERS (La)	1964, n° 3, p. 31
STATIONS² D'ESSAIS D'APPAREILS PROPULSIFS MARINS A VAPEUR DE L'ÉTABLISSEMENT NATIONAL DE LA MARINE A INDRET (Les)	1966, n° 3, p. 57
THENARD (La vie et l'œuvre de L.-J.)	1964, n° 3, p. 7
TRACTION¹ DIESEL (La)	1965, n° 1, p. 1
TRACTION² FERROVIAIRE MODERNE, RAISONS DE L'ÉVOLUTION (La) : Traction Diesel. Locomotives électriques. Locomotives à turbines à gaz	1965, n° 1 et 2
TRADUCTION AUTOMATIQUE (La) : Principes et perspectives. Quelques aspects de recherches récentes effectuées en U.R.S.S., en liaison avec la traduction automatique	1966, n° 1, p. 25
TRAÎNS D'ATERRISSAGE DES AVIONS MODERNES (Les)	1968, n° 3, p. 1
TURBINES¹ A GAZ INDUSTRIELLES (Performances récentes des)	1967, n° 2, p. 45
TURBINES² A GAZ (Les locomotives à)	1965, n° 2, p. 1
TURBOMACHINES¹ HYDRAULIQUES (Applications de la similitude dans le domaine des)	1964, n° 2, p. 17
TURBOMACHINES² - Évolutions et progrès des pompes. Leur adaptation aux applications récentes	1967, n° 3, p. 25

III

INDEX DES AUTEURS DE TEXTES

- ARMAND Louis 1967, n° 4, p. 11
- BERGERON Paul 1967, n° 3, p. 25
- BERNERON Roger ... 1966, n° 1, p. 1
- BERTIN Jean 1964, n° 4, p. 1
- BLOCH M^{me} Odile ... 1964, n° 3, p. 15
- BOILEAU Robert 1965, n° 1, p. 33
- BRUN Raymond 1965, n° 1, p. 1
- CHAFFIOTTE Pierre . 1965, n° 2, p. 1
- CHAPOUTHIER Paul . 1964, n° 2, p. 3
- CHEDID Louis 1967, n° 4, p. 3
- CHEVALIER Roger .. 1967, n° 2, p. 17
- COCHARD Jean 1968, n° 2, p. 26
- COULOMB Jean 1967, n° 2, p. 1
- DAUPHIN-MEUNIER A. 1968, n° 2, p. 12
- DAVID Pierre 1966, n° 3, p. 35
- DELAVERNAY Émile . 1966, n° 1, p. 28
- DELBART Georges ... 1966, n° 2, p. 35
- FONTAINE Maurice .. 1966, n° 2, p. 1
- FRUCHART Robert .. 1966, n° 4, p. 3
- GARREAU Marcel ... 1968, n° 4, p. 3
- GENTILHOMME Yves . 1966, n° 1, p. 33
- GILSON André et QUIQUEREZ J.-M. 1968, n° 4, p. 21
- GOETHALS Raymond . 1965, n° 4, p. 15
- GRÉGOIRE Roger et LATOUR Robert .. 1967, n° 1, p. 33
- GUILLOT Georges ... 1965, n° 3, p. 24
- HERMANT Claude ... 1964, n° 2, p. 17
- HESLOT Henri 1967, n° 3, p. 3
- HUG Michel 1964, n° 2, p. 6
- JANOIR A. (SÉGUI J.-L.E. et) 1966, n° 3, p. 57
- JENN Jean-Tony 1967, n° 3, p. 49
- JOLIBOIS Pierre 1964, n° 3, p. 7
- KOURILSKY Raoul .. 1968, n° 3, p. 27
- LABBENS René 1965, n° 2, p. 13
- LACRETELLE Jacques de 1968, n° 1, p. 37
- LALLEMANT Pierre .. 1968, n° 3, p. 1
- LATOUR Robert (GRÉGOIRE Roger et) .. 1967, n° 1, p. 33
- LEIRIS Henri de 1967, n° 2, p. 47
- LHOSTE Jean 1966, n° 3, p. 5
- MARCELLIN Pierre .. 1965, n° 3, p. 9
- MARTIN Jean 1967, n° 1, p. 21
- MAYER Robert 1967, n° 3, p. 9
- MONTUELLE Jean .. 1968, n° 1, p. 5
- NICOLAU Pierre 1966, n° 1, p. 25
- PIGANIOL Pierre 1968, n° 2, p. 3
- POCHON Jacques 1964, n° 4, p. 33
- POINCARÉ Léon 1967, n° 2, p. 49
- QUIQUEREZ Joseph-Marie (GISLON André et) 1968, n° 4, p. 21
- REBISCHUNG Jean .. 1968, n° 2, p. 19
- ROBERT André 1968, n° 2, p. 37
- SÉGUI J.-L.-E. et JANOIR A. 1966, n° 3, p. 57
- TEISSIER DU CROS F. 1964, n° 1, p. 15
- THILLIEZ Georges .. 1966, n° 2, p. 17
- TRÉMOUILLES Aimé 1964, n° 3, p. 31
- ULRICH Roger 1965, n° 3, p. 2
- VAYSSIÈRE Paul 1968, n° 2, p. 1
- VICHNIEVSKY R. 1965, n° 4, p. 1
- VOGEL Théodore 1967, n° 2, p. 33
- YVON Jacques 1964, n° 1, p. 7

Le Président de la Société, Directeur de la publication : J. TRÉFOUËL, D.P. n° 1.080

I.F.Q.A.-CAHORS. — 90.527 — Dépôt légal : IV-1969



SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

RHÔNE POULENC

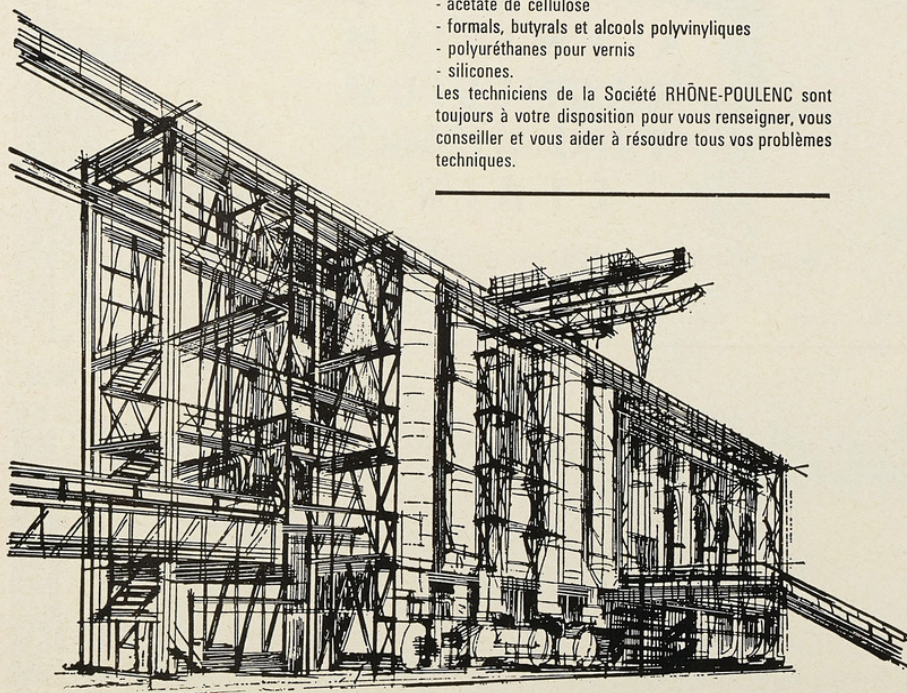
22, Avenue Montaigne - PARIS 8^e - Tél. 256-40-00

RHÔNE-POULENC

fabrique plus de 3000 produits chimiques qui intéressent les industries de transformation les plus diverses telles que l'industrie du caoutchouc, de la pharmacie, de l'agriculture, de la parfumerie ainsi que toute une gamme de matières plastiques :

- acétate de cellulose
- formals, butyrals et alcools polyvinyliques
- polyuréthanes pour vernis
- silicones.

Les techniciens de la Société RHÔNE-POULENC sont toujours à votre disposition pour vous renseigner, vous conseiller et vous aider à résoudre tous vos problèmes techniques.



Usine du Péage de Roussillon

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
et des
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE

ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN

SIEGE SOCIAL : 10, RUE DU GENERAL-FOY - PARIS (8°)
TELEPHONE : EUROPE 31-00
ADRESSE TELEGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

MAISON FONDÉE EN 1895

“LES ÉLECTRICIENS DE FRANCE”

Ets JULES VERGER & DELPORTE

Société Anonyme, au Capital de 10.000.000 de F

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES, ÉLECTRONIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

Siège Social, Bureau d'Etudes, Service : 141 bis, 141 ter, rue Saussure, PARIS-17^e

TEL. (1) 267-18-51 - 20 lignes groupées - TELEX. JULES 28482

Usine et Départements : Réparations — Bobinage — Radio — Télévision — Electronique — Automation
53, rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. 473 39-90, 62-28

Département : ELECTRO-VAPEUR - 92, avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. 380 42-70

Agence de VERSAILLES : 2, place Gambetta - Tél. 950-53-50 950-17-75 - Mag. 21, rue d'Anjou - Tél. 950-01-10

Agence de CANNES : 3, pas. Ste-Catherine - LE CANNET Tél. 39-58-71 Cannes (A.-M.)

MAGASIN DE VENTE : Radio — Télévision — Electro-Ménager — Froid :

92, Avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. 380 42-70

53, Rue Maurice Bokanowski, ASNIERES - Tél. 473- 39-90, 62-28.

EN AFRIQUE : SENEGAL

- DAKAR

- SAINT-LOUIS

Côte-d'Ivoire

- ABIDJAN

Dahomey

- COTONOU

Mauritanie

- PORT-ETIENNE

Haute-Volta

- OUAGADOUGOU

Togo

- LOME

Bureaux-Magasins : 164, rue Blanchot - B. P. 968 - Tél. 227-26, 227-29.

Ateliers : Km 6,5, route de Rufisque, Hann - 451-39.

B. P. 101 - Tél. 51.

B. P. 4140 - Tél. 553-95.

B. P. 184 - Tél. 27-76.

B. P. 68 - NOUAKCHOTT : B. P. 3 - Tél. 23-06.

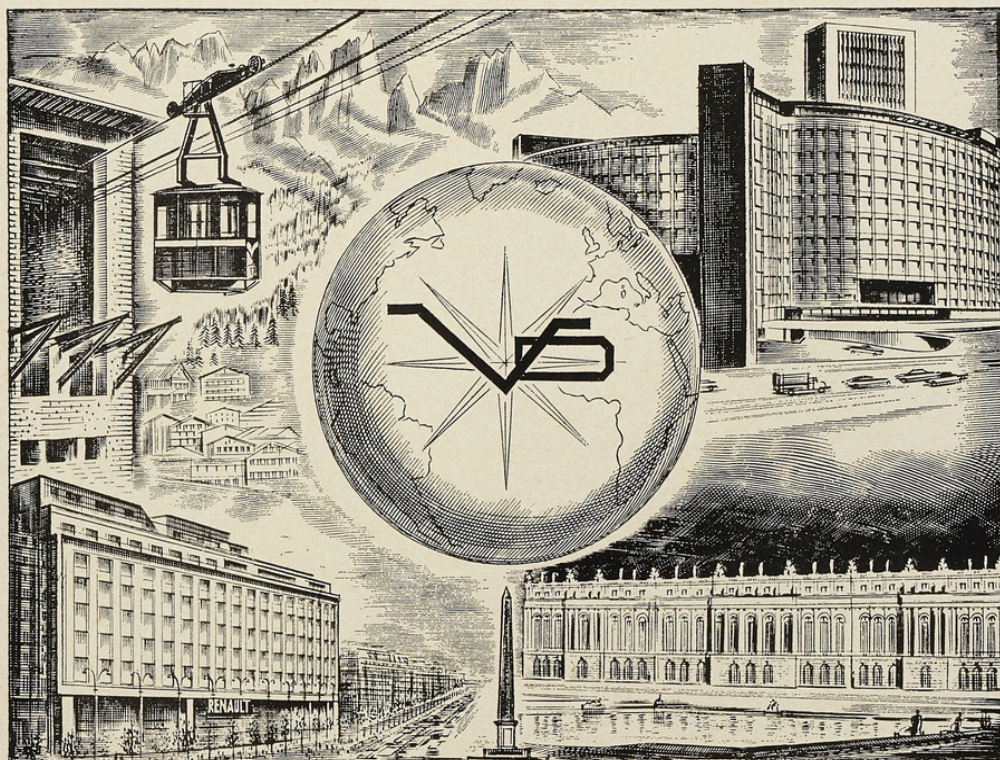
B. P. 394 - Tél. 23-54 - BOBO DIOULASSO : B. P. - Tél. 26.

B. P. 1147.

VAL D'ISERE — Téléphérique.

quelques réalisations récentes

MAISON DE LA RADIO



RENAULT (Champs-Élysées)

PALAIS DE VERSAILLES

« LES ELECTRICIENS DE FRANCE » SONT JOUR ET NUIT
DIMANCHE ET FETES A LA DISPOSITION DE LEUR CLIENTELE

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LA GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 19.595.800 F.

8, Rue Cognacq-Jay - PARIS-7^e - Tél INV. 44-30

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTÉS

**ENGINEERING - CONSTRUCTIONS D'USINES
HYDROGÈNE**

GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE

AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 F

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

**ENTREPRISES GÉNÉRALES
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENT
ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE**

Barrages - Usines hydro-électriques et thermiques - Usines, ateliers
et bâtiments industriels - Travaux maritimes et fluviaux - Aéroports -
Ouvrages d'art - Routes - Chemins de fer - Cités ouvrières -
Edifices publics et particuliers - Assainissement des villes -
Adductions d'eau - Bureaux d'études

Grands postes de transformation

Centrales électriques

Lignes de transport de force

Électrification de voies ferrées

Electrifications rurales

Equipements électriques industriels

