

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.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept.)

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

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1962, n° 1 (janv.-mars)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1962

Collation	1 vol. (43 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	60
Cote	INDNAT (58)
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.58

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.

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

PUBLIÉS AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1962

N° 1

Revue trimestrielle

N° 1 : JANVIER - MARS 1962

SOMMAIRE ET RÉSUMÉS DES ARTICLES

**RAPPORT SUR L'ATTRIBUTION DU GRAND PRIX LAMY
A LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ**

par M. A. LÉAUTÉ 1

**L'ÉLECTRICITÉ, FORME COMMUNE AUX GRANDS TRANSPORTS
D'ÉNERGIE ET D'INFORMATION**

par M. G. LEHMANN 7

Après avoir rappelé les grandes lignes de l'histoire du développement des télécommunications et des transports d'énergie électrique, on examine, dans ces deux domaines, les rythmes d'expansion et les besoins prévisibles au cours des vingt prochaines années. Il est remarquable que, dans ces deux grands services publics, la règle du doublement des besoins en dix ans constitue l'un des facteurs communs. Dans le transport d'énergie, il est fait face aux besoins par l'élévation des tensions (500 KV, puis 750 KV) et l'étude des transports par courant continu ; un énorme accroissement des capacités d'acheminement d'informations sera rendu possible, au-dessus des continents, par la technique des guides d'ondes circulaires à ondes millimétriques, et, par-delà les océans, par celle des satellites relais radioélectriques.

LE BRUIT : DÉFINITION - MESURE - PRÉVENTION

par M. P. CHAVASSE 23

Le bruit est une des caractéristiques de notre époque. Ses influences nocives commencent à se manifester de toute part. Il importe donc de lutter contre lui et, pour cela, de connaître sa nature, son origine, ses méfaits et les moyens de lutte dont le technicien et le législateur disposent contre lui. L'objet du présent exposé est d'analyser rapidement les uns et les autres.

Dans une première partie sont rappelés les fondements physiques de la technique du bruit, ainsi que ses aspects physiologiques. Un deuxième chapitre traite des méthodes scientifiques, mais pratiques, mises en œuvre pour le réduire, soit à son origine, soit dans sa propagation, soit dans les lieux où il a pénétré. La deuxième partie est consacrée à la spécification des bruits reconnus tolérables dans diverses circonstances de la vie. L'exposé se termine par un exemple de la prospection systématique du bruit dans un local bruyant à laquelle doit procéder le spécialiste avant d'établir son plan d'insonorisation.

publication sous la direction de **M. Jean LECOMTE**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours du Secrétariat de la Société.

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

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

Le n° : 7,50 NF

C. C. P. Paris n° 618-48

L'INDUSTRIE NATIONALE



ANNÉE 1962

L'INDUSTRIE
NATIONALE

RAPPORT
SUR L'ATTRIBUTION DU GRAND PRIX LAMY
A LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

par M. André LÉAUTÉ

Membre de l'Institut

Président du Comité des Arts Physiques

Mon cher Président,
Mesdames, Messieurs,

Nous nous gaussons avec La Fontaine du singe qui prit le Pirée pour un homme. Toutefois, en remettant un prix à des sociétés au lieu que ce soit à des hommes, ne tombons-nous pas dans un ridicule pareil ? Comment couronner le front d'un être virtuel, qui n'en a pas ? Je voudrais lever tout de suite cet impertinent préalable.

Les juristes m'ouvrent la voie. Ils n'ont pas barguigné à tenir des organismes collectifs pour personnes morales, et leur flatteuse qualification est entrée dans les us et coutumes. Néanmoins, on observe qu'elle a valu à ses titulaires plutôt des charges fiscales que des dons ; l'insolite octroi d'un prix sous cette même rubrique appelle donc une explication... Pour s'en procurer la clef, il n'est mieux que de chercher ce qui forme l'essentiel de ce grand prix Lamy que nous attribuons aujourd'hui : ce me

semble être d'honorer, dans une société industrielle, certaines des hautes qualités qui font émerger les individus. Du moment qu'on pourra prouver qu'il en est ainsi, tout s'éclairera : on pourra tenir le prix pour légitime en son principe et, du même coup, on en découvrira l'extrême valeur.

Sous cet angle on comprend que le prix Lamy ait été reçu avec empressement par des organismes parvenus au faite. Ce furent, en dernier, Usinor, les Pétroles d'Aquitaine, Saint-Gobain et Renault. Choix excellents, mais qui laissaient l'électrotechnique à l'écart. Dans le pays d'Ampère ! Les regards se sont donc portés sur la Compagnie Générale d'Electricité et, selon le critère que je viens de définir moi-même, il me faut montrer que, depuis sa naissance jusqu'à son actuelle expansion, cette compagnie a déployé des qualités analogues aux plus hautes dont une personne vivante puisse s'orner.

**

Regardant la Compagnie Générale d'Electricité, c'est son esprit d'entreprise qui frappe en premier : j'entends par là une ardeur à créer qu'elle a manifestée, si l'on peut dire, dès avant qu'elle n'existât. Car la Compagnie n'a été déclarée à l'état civil qu'au début de 1898, mais elle est comme ces fleuves auxquels on assigne un cheminement souterrain avant que, déjà grands, ils ne viennent au jour. A la recherche de la vraie source, il nous faudrait remonter dix ans plus tôt : c'est le moment où la Centrale électrique de la ville de Rouen, presque en déconfiture, se mit en désespoir de cause aux mains d'un jeune homme sans argent ni expérience, ayant pour seul bagage son titre d'ingénieur des Arts et Manufactures. Au rebours de la cavale de Barbier, le cheval aux trois quarts fourbu qu'à l'âge de vingt-quatre ans avait enfourché Pierre Azaria, se retrouva au bout d'une décennie piaffant et le poil luisant. Le cavalier capable d'un tel redressement révélait là une sûreté de mains au moins égale à sa hardiesse, que pourtant il qualifiait lui-même plus tard de témérité. O surprise plus grande encore ! A cette stupéfiante restauration, Pierre Azaria avait adjoint la direction simultanée de deux fabriques de lampes à incandescence et celle d'une usine productrice de fils de cuivre. La Compagnie Générale d'Electricité naquit de cette agrégation générale qui couvrait à la fois la génération d'énergie électrique et la fabrication de matériels servant à l'utiliser. Ainsi se dessinaient dès l'origine les axes de croissance selon lesquels l'enfant nouveau-né allait progresser avec une étonnante promptitude.

C'est que, du cavalier auquel je le comparais il n'y a qu'un instant, Pierre Azaria n'avait pas seulement la silhouette d'ailleurs conservée jusqu'à l'âge mûr, il en avait surtout le mouvement en avant qui empêche la monture de se dérober. Son allant, qualité magnifique, est le trait qui, au premier abord, m'avait le plus émerveillé. Pour cause, je n'ai pas connu Pierre Azaria au début de son épopée ; je le rencontrai seulement vingt ans plus tard à cette Société Industrielle des Téléphones que mon père, lui aussi, avait prise défailante et transformée en grande dame. Je sais mal les raisons

de jadis pour lesquelles Pierre Azaria nourrissait à l'égard de mon père une déférente reconnaissance, mais je sais très bien que, venant lui rendre souvent visite au siège de cette société que la Compagnie Générale d'Electricité a finalement faite sienne, il ne manquait jamais de témoigner au débutant que j'étais, fraîchement émoulu du service de l'Etat, une bienveillance qui ne s'est jamais affaiblie et dont je demeure ému. Souvenirs bien reculés, propos d'ancêtre qui ne détonnent pas dans cet immeuble où l'éloquente noirceur des façades proclame la glorieuse ancienneté de la Société d'Encouragement.

Comment la Compagnie dont Pierre Azaria était le père n'aurait-elle pas hérité de l'ardeur créatrice de son fondateur ? Ce fut pour elle un gène dominant. Deux ans ne s'étaient pas écoulés depuis l'initial dépôt des statuts qu'elle était engagée dans deux voies nouvelles, où elle ne cessa de progresser par la suite : l'appareillage électrique et les accumulateurs. On sait ce qu'il en est advenu : les aboutissements en 1961 s'appellent Delle et Tudor ; encore n'est-ce là qu'une vue très schématique. Aussitôt après qu'eût cessé la crise qui sévit à l'orée du xx^e siècle, la sève expansionniste de la C.G.E. eut des montées nouvelles. Coup sur coup, la Compagnie ajoute alors des feuillets à son éventail. La fabrication des fils de cuivre nu qui existait chez elle de naissance ne lui suffit plus, il lui faut revêtir aussi les conducteurs et la silhouette des Câbles de Lyon commence à se profiler au loin. Deux ans après, la Compagnie prend pied dans l'entreprise, et c'est maintenant la C.G.E.E. qui paraît, elle aussi, sur l'écran. Hélas ! la guerre éclate... Pour contribuer à l'effort aéronautique du pays, la Compagnie équipe fiévreusement, à Orléans, des ateliers qu'au lendemain de la victoire elle appliquera à la construction des moteurs, puis des génératrices électriques. Au surplus, gardez-vous de croire qu'elle soit essouffée par cette fécondité procréatrice qui en eût épuisé d'autres ! Pressentant le rôle qu'allait jouer l'emploi de tensions de plus en plus hautes, elle s'agrége une fabrication d'isolateurs caténaires en donnant, en 1921, le jour à la Compagnie Générale d'Electrocéramique ;

puis, l'année suivante, elle met la dernière flèche dans son carquois en devenant productrice de transformateurs par apport de la Savoisiennne. Sur le terrain des courants forts, elle s'est à présent rendue capable de tenir sa partie dans le concert mondial, ayant su transformer en temps voulu l'instrument bicolore de ses débuts, qui n'eût été qu'un luth trop grêle en un orgue à sept registres.

Restait le domaine des courants faibles. La C.G.E. lui demeurerait-elle étrangère ? Feraient-elle mentir le titre de « Compagnie Générale » auquel son fondateur tenait tant ? Peut-être suis-je aujourd'hui seul à pouvoir dire que l'idée de jeter un pont entre elle et la Société Industrielle des Téléphones avait été élaborée dès avant 1914 entre mon père et M. Azaria, en parfaite communion d'idées de l'un avec l'autre. La guerre, la mort de mon père, mon propre départ aux Armées brouillèrent les cartes ; il fallut attendre vingt ans pour que se réalisât cette idée logique et féconde. L'opération fut l'un des derniers actes de la présidence Azaria.

Moment critique que celui où cesse l'activité présidentielle du grand fondateur ! La Compagnie avait-elle capté seulement un reflet de son dynamisme ou s'était-elle peu à peu inoculé ce dernier ? La suite va nous le montrer. D'autres hommes montèrent à la présidence. Ce fut d'abord Jourdain, dont j'appréciais fort l'esprit. C'est à présent M. Marterer à qui il revient d'avoir fait jaillir la seconde floraison de la Compagnie, celle qui l'a épanouie sur le terrain des courants faibles. Je prends plaisir à le saluer ici, en associant à son œuvre son directeur général, M. Pierre Lalanne, et ses jeunes et brillants chefs d'état-major. Avec eux la flamme de la création ne menaçait pas de s'éteindre ! Elle ne se laisserait pas souffler par un certain vent d'Ouest qui s'appelle l'électronique et dans lequel s'engouffrait l'automatisation ! Coup sur coup, la Compagnie aborde en 1956 la télévision par un réveil en sursaut de la Continentale Edison, l'année suivante elle se porte vers les servo-mécanismes électroniques, en 1959 elle s'intéresse à la fabrication de conden-

sateurs électroniques, en 1960 elle fonde la Compagnie Générale d'Electronique, en 1961 celle des Composants Electroniques. Encore en ai-je omis plusieurs... Jamais le bouillonnement n'a été plus vif, et comme il se produit chez un être maintenant septuagénaire, je me trouve dépasser ici mon but qui était seulement de trouver des qualités d'homme dans la compagnie dont je brosse la figure. Pauvres humains que nous sommes, ne surestimons point nos talents ! Il nous est si doux de nous endormir sur les lauriers du déjà créé que nous ne résistons guère à ce barbiturique !... La Compagnie Générale d'Electricité fait mieux, elle appareille sans relâche vers des rives nouvelles. N'avais-je pas raison de tenir ce trait pour une qualité maîtresse ?

Avec trop d'abréviations auxquelles la concision m'a contraint, j'ai retracé la construction, pierre par pierre, de la Compagnie Générale d'Electricité, — du moins de ses moyens de fabrication et d'entreprise. Un pas de recul à présent pour jager la bâtisse actuelle.

Delle et Tudor, que j'ai cités en premier dans ma rétrospective, occupent aujourd'hui, l'une près de 3.200, l'autre plus de 1.200 personnes. Les Ateliers d'Orléans en comptent 1.300, les Câbles de Lyon près de 3.400, la Savoisiennne 1.600 ; je ne retiens que les branches dont j'ai noté la naissance au cours de mon récit, sans même les mentionner toutes. A elles seules, si partiellement qu'elles soient représentatives, elles disposent de 430.000 mètres carrés d'atelier et y élaborent annuellement, en nouveaux francs, 560 millions de produits industriels. Parmi les filiales, la Compagnie Industrielle des Téléphones à laquelle je me suis sentimentalement attaché, occupe actuellement 3.550 personnes et 62.000 mètres carrés pour un chiffre d'affaires de 105 millions de nouveaux francs. Ces chiffres sont en rapide ascension. Les autres filiales, notamment Cégédur, nous entraîneraient encore beaucoup plus loin.

On devient admiratif devant de tels résul-

tats. Ceux qui les ont obtenus ont le droit d'en être satisfaits : l'édifice est solide, équilibré et d'imposante stature. Face à lui, je pense surtout aux milles obstacles qui restent implicitement enfouis sous une telle réalisation. Qu'aurait-il servi d'entreprendre sans cesse des ouvrages additionnels si, une fois créés, on n'avait pas nourri chacun d'eux du lait de la persévérance ? Celle-ci, sœur jumelle de l'esprit d'entreprise que j'ai inscrit en frontispice, est une autre caractéristique de la Compagnie Générale d'Electricité et ne peut être omise dans le portrait que j'en fais.

Qu'on ne s'y trompe pas toutefois ! L'esprit de suite dont je lui fais mérite est une entité complexe, formée de deux contraires, la ténacité et la souplesse, dont le réglage d'action et de réaction est assuré par l'intelligence. La fermeté s'y marie avec bonheur à l'esquive des dangers, et la persévérance dont je célèbre l'efficacité est celle qui allie l'énergie dans la poursuite des buts à la perpétuelle recherche des inflexions optimales à leur imprimer. Par le jeu des facteurs politiques, techniques et sociaux, la contingence subit de nos jours une évolution incessante, qui entraîne celle d'objectifs astreints à lui rester accordés. La souplesse de direction devient donc une condition sine qua non de la ténacité.

Personne ne croirait que la Compagnie Générale d'Electricité n'ait pas eu besoin souvent de cette sorte de persévérance. Sa trajectoire s'est frayée au travers d'une longue crise économique, de deux guerres atroces et enfin d'une concurrence étrangère qui tournait à son profit l'immobilisme dont l'occupation avait frappé nos industries. Même sur un chemin jalonné de succès, on subit des pertes. La plus douloureuse amputation fut pour la Compagnie d'abandonner la distribution de l'énergie électrique. Sa terre natale, où elle avait pendant dix ans œuvré pour accroître ses domaines, il lui fallait la quitter sous la menace d'une mainmise de l'Etat ! Au sacrifice matériel d'une culture ruinée avant la moisson s'ajoutait un déchirement sentimental. Le plus palpitant d'une victoire se situe à l'heure des vacillements : j'inscris à l'actif de la Compagnie, comme une de ses plus

hautes performances, d'avoir discerné à peine formé, le nuage qui apportait le cataclysme. Courage et clairvoyance s'unirent en cette occurrence pour éviter de passer sous les fourches caudines de la nationalisation.

D'aussi profondes secousses retireraient vite la vie si elles n'étaient exceptionnelles. Mais, même sur les chemins quotidiens, les tournants abondent. Il les faut découvrir de loin pour les bien prendre. En ces matières, il n'y a pas de miracle ; les hommes les plus perspicaces ne pourraient sans documents asseoir sagement leurs prévisions et, que ce soit sur l'état des marchés ou sur l'avancement des techniques, l'information est la matière première de leurs réflexions. Ceci me conduit à compléter mon esquisse de la Compagnie Générale d'Electricité par les deux traits qui lui manquent encore.

Où donc une société industrielle pourrait-elle trouver sur l'état des marchés une source plus directe d'information qu'auprès de ses agents de vente ? Sous l'angle de la documentation économique, un très vaste ensemble d'agents exclusifs est d'un grand secours. La Compagnie a donné beaucoup de force à son réseau de diffusion commerciale et cette ampleur particularise sa physiologie. En France métropolitaine, plus de 80 succursales, agences ou dépôts ; dans les pays du marché commun, en Tunisie, au Maroc, dans les républiques issues de l'Afrique française, en Rhodésie, en Union Sud-Africaine, en Suisse, au Danemark, en Suède, en Norvège, en Finlande, en Grèce, en Espagne, au Portugal, aux Etats-Unis, en Amérique Latine, au Mexique, dans les pays de Proche-Orient, de Moyen-Orient, d'Extrême-Orient, en Océanie, des organes commerciaux de la Compagnie existent et sont le plus souvent des établissements propres ou des filiales. On pourrait parler du monde entier si l'idéologie communiste n'y avait momentanément posé des barrières. Tel qu'il est, ce réseau ne peut manquer de capter sur place la tendance des divers marchés et constitue une énorme toile d'araignée tendue pour l'information. Ajoutons qu'il émet en même temps qu'il reçoit, et ce qu'il émet, c'est un rayonnement de productions françaises, de techniques fran-

çaises, en bref de culture française. Je le souligne d'autant plus qu'une telle propagande figure énonciativement dans les conditions d'attribution du grand prix Lamy.

Reste, pour une entreprise qui veut demeurer au premier rang de la compétition mondiale, l'obligation très impérieuse de se tenir parfaitement au fait des avances techniques sur les domaines qu'elle cultive. Plutôt que de s'en informer seulement, le mieux n'est-il pas d'y participer soi-même ? On s'étonnerait qu'ayant toujours travaillé à promouvoir la recherche industrielle, je ne fisse pas compliment à la Compagnie Générale d'Electricité d'avoir de tout temps partagé à cet égard les mêmes vues que moi. En 1899, alors qu'elle venait au jour, la Compagnie associait déjà à son premier atelier un petit laboratoire d'études physiques et chimiques. Création de minime importance matérielle, mais significative d'une tournure d'esprit encore rare à cette époque ! Vingt ans après, j'eus personnellement la preuve de la persistance de cette mentalité quand je fondai, au lendemain de l'armistice, un laboratoire de recherches industrielles : la Compagnie ne me fit pas attendre sa souscription et je me souviens même que pour l'assemblée générale de fondation, M. Azaria m'assit de force dans le fauteuil présidentiel de la rue La Boétie, que je me trouve donc avoir pour une heure occupé avant vous, cher Monsieur Martener... Au moment où se place cette anecdote, 1918, la Compagnie Générale d'Electricité faisait déjà grande figure. « Vingt ans, me disait M. Azaria, c'est le temps qu'il faut impartir à une société pour devenir grande ». Il avait observé ce programme et l'arbre planté de ses mains portait alors la plupart de ses branches. Chacune avait été dotée de laboratoires qui s'agrandirent de jour en jour : les visiteurs invités à Villeurbanne se souviennent du magnifique centre de haute tension qu'est le CERDA, créé par la Compagnie en coopération avec Alsthom. N'en doutez pas ! c'est à l'activité de ses recherches qu'il faut imputer les performances par lesquelles la Compagnie Générale d'Electricité s'est maintes fois placée en tête du progrès technique. Je citerai seulement le record mondial de la haute tension alternative, qu'elle s'est

adjudgé en U.R.S.S. avec 525.000 volts, et celui de la puissance transportée, acquis en Suède avec 1.500.000 KWA. Je rappellerai aussi la prépondérance de son rôle dans l'interconnexion sous-marine des réseaux britanniques et français, et — en coopération avec l'administration de tutelle —, la réalisation de la première liaison téléphonique sous-marine au travers de la Méditerranée. Mais, si légitimement que ces résultats pussent être admirés, la structure de la Compagnie en matière de recherches n'aurait pas encore paru complète si elle avait exclusivement comporté des laboratoires propres à chaque branche de fabrication. Trop discontinue, cette organisation aurait risqué de laisser en friche des terres intermédiaires où peuvent croître des végétations précieuses. Depuis quatre ans, cette lacune est heureusement comblée : le Centre de Marcoussis abrite des chercheurs d'avant-garde chargés, à bonne distance d'éclaireurs, d'explorer des voies neuves. De l'une d'elles a déjà fusé une réussite : la première réception en Europe de signaux émis d'Amérique, puis réfléchis sur le satellite Echo. Tout donne à escompter d'autres succès en des jours prochains. Dans ce jeune centre, l'ambiance est agreste et la vue s'étend au loin, peintres et poètes y rencontreraient l'inspiration ; comment l'invention scientifique, qui est de même essence, n'y allumerait-elle pas, elle aussi, sa flamme ?

Ligne à ligne, comme la figure d'une personne, voici que j'ai dessiné la physiologie de la Compagnie Générale d'Electricité, — du moins telle que je la vois. Sans doute les traits que je lui ai reconnus lui ont-ils été inculqués par les hommes de grand talent qui l'ont jusqu'ici dirigée ; mais ceux-ci n'ont pu que mettre en terre des semences et il aurait pu advenir que, s'étant desséchées, elles fussent restées infécondes. D'où vient qu'elles aient monté avec exubérance ? Il faut bien admettre que le groupe d'hommes au sein duquel elles avaient été jetées, les a nourries de ses sucs et s'est ainsi coulé, si peu que ce fût, dans un moule commun ; la consonance qui en résultait est devenue un facteur de crois-

sance de la Compagnie comme la propagation de directions privilégiées fait grandir les cristaux. Une telle évolution vers un parallélisme d'ambitions et d'efforts ne se conçoit que dans une ambiance sociale dépourvue de miasmes. Rare pureté d'air, qui ne peut naître que de mesures peu communes de sollicitude bénévole d'une société pour son personnel ! On rangera parmi elles la position prise par la Compagnie pendant les deux guerres en faveur de ses travailleurs aux Armées, et surtout l'admirable

fondation Hélène Azaria. Il n'y a pas de meilleure recette pour lier en faisceau des dévouements. A l'heure où tant de liens moraux se distendent, c'est une vraie joie de trouver, où que ce soit, une solidarité de maison, et j'y découvre un ultime motif de proposer l'attribution du grand prix Lamy à la Compagnie Générale d'Electricité.

Décembre 1961.

A. LÉAUTÉ.

L'ÉLECTRICITÉ

FORME COMMUNE AUX GRANDS TRANSPORTS D'ÉNERGIE ET D'INFORMATION⁽¹⁾

par M. Gérard LEHMANN,

*Professeur à l'Ecole supérieure d'Electricité,
Directeur scientifique à la Compagnie générale d'Electricité.*

Messieurs,

Le transport électrique de l'information et celui de l'énergie ont, traditionnellement, constitué deux disciplines séparées dans l'histoire des sciences, dans les techniques d'application, dans l'enseignement, et aussi dans la vie de l'industrie et de l'exploitation. Et cependant, que de facteurs communs, certains très anciens, d'autres tout récents, les rapprochent et estompent les frontières qui les ont séparés !

Depuis l'origine de ses applications, l'Electricité a constitué un mystère, et un symbole.

Mystère, par les effets, d'apparence magique, produits par des causes inaccessibles à nos sens.

Mystère du mouvement du télégraphe, du moteur électrique, mystère plus grand encore de la voix humaine reproduite par le téléphone et la radio.

Ce mystère est aujourd'hui dissipé, mais il suffit de relire des textes vieux de moins de cinquante ans pour sentir quels magiciens parurent au public les premiers électriciens, ceux du télégraphe, de l'éclairage ou de la force motrice.

Mystère dissipé, dont rien ne subsiste aujourd'hui pour nos étudiants qui, par le

miracle de l'imagination humaine « voient » les électrons se mouvoir dans les métaux, le vide et les gaz ionisés.

Mystère, néanmoins, dont la magie ne cesse d'attirer en foules innombrables ces jeunes gens vers les écoles d'électronique où on leur enseigne la vie extraordinairement mouvante des signaux dans les circuits imprimés, images mêmes de l'immobilisme.

Symbole aussi, l'électricité l'a été depuis sa création, et ne cesse de l'être, du progrès scientifique, économique et industriel, et son rythme d'expansion, sert de mesure permanente au succès de la civilisation actuelle.

Distinctes, les industries de l'énergie électrique et celle des télécommunications l'ont été depuis leurs origines, séparées par un intervalle de cinquante années.

Dans certains pays, on distingue le domaine des courants faibles de celui du courant fort. Partout vivent, séparées, une société savante d'électriciens, une autre de radioélectriciens.

Et pourtant, parmi bien d'autres, c'est un signe très actuel de constater qu'aujourd'hui même se déroulent des conversations qui, semble-t-il, aboutiront prochainement à la fusion de :

(1) Conférence prononcée le 14 décembre 1961 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, à l'occasion de la remise du Grand Prix Lamy à la Compagnie Générale d'Electricité.

L'American Institute of Electrical Engineers

et de l'Institute of Radio-Engineers, en une société savante unique, forte de plus de 150.000 membres.

Bien d'autres signes, parmi lesquels notons l'évolution en cours dans notre chère Ecole Supérieure d'Electricité, montrent le rapprochement et la symbiose actuelle de ces deux industries, dont je voudrais d'abord rappeler brièvement les débuts.

électrique dut surmonter une forte résistance en faveur du télégraphe optique de Chappe, alors en pleine exploitation, et qui ne permet pas de créditer l'électricité du mérite d'avoir permis, sur terre, les premières transmissions rapides des dépêches.

En fait, ce sont deux autres inventions qui, un peu plus tard, déclenchèrent parmi les foules un enthousiasme qui alla jusqu'au délire : il s'agit des câbles télégraphiques sous-marins et du téléphone.

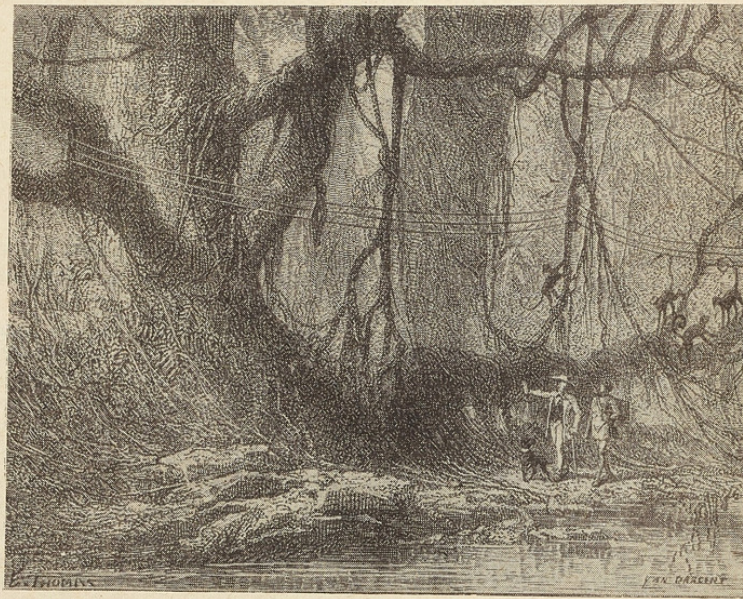


FIG. 1
Ligne télégraphique de New-York à la Nouvelle-Orléans (1850), d'après « Les Merveilles de la Science », par Louis Figuier ; Furne et Jouvet, éditeurs, Paris 1868.

C'est en 1844, que Samuel Morse, peintre et président de l'Académie Nationale de Dessin, obtint du Sénat américain, à l'heure même où il renonçait à poursuivre un effort entrepris depuis 1832, l'autorisation et les fonds nécessaires à la construction de la première ligne de télégraphe électrique. Le succès fut immédiat et immense, et tous les continents se couvrirent de fils télégraphiques.

La figure 1, extraite d'un volume de Figuier, montre l'aspect prêté aux premières lignes télégraphiques américaines.

En Europe, en France, le télégraphe

L'histoire de la mise au point des premiers câbles télégraphiques sous-marins constitue un roman dont les « suspenses » coupent le souffle des plus blasés, qui mériterait les honneurs d'un grand film, et remplirait de modestie les réalisateurs actuels, souvent peu au courant des exploits du XIX^e siècle.

L'audace conjuguée des chefs d'entreprises, et de leurs commanditaires, et celle des physiciens et ingénieurs de l'époque, vint à bout de ce très difficile problème.

C'est en 1866 que fut enfin posé le premier câble transatlantique qui assura un

service régulier, et réduisit de trois semaines à quelques minutes le délai d'acheminement des messages d'un bord à l'autre de l'Atlantique. Le plus gigantesque navire de l'époque, le « Great Eastern », avait assumé la pose. L'entreprise avait débuté quinze ans plus tôt, sous l'impulsion du financier Cyrus Field. En 1857, le premier câble se rompit sans remède avant l'achèvement de la pose, entraînant une perte de 1 million de dollars. Trois fois encore, de nouveaux câbles furent perdus. Enfin, la communication électrique fut établie en 1858. L'enthousiasme fut tel qu'au cours du feu d'artifice tiré à cette occasion, le feu prit à l'Hôtel de Ville de New-York, qui fut en grande partie détruit par l'incendie. L'histoire ne précise pas jusqu'à quel point fut aussi mis en défaut le traditionnel flegme britannique. Une semaine plus tard, le câble, mal isolé, cessa de fonctionner ; mais en quelques jours, l'immensité des services qu'il pouvait rendre fut mesurée. Cyrus Field rassembla de nouveaux fonds, loua le « Great Eastern », et huit années plus tard, en 1866, le service télégraphique transocéanique fut repris pour ne plus s'interrompre, non sans que de multiples et dramatiques péripéties ne fussent à nouveau survenues au cours des années précédentes. Un câble entier avait à nouveau été perdu, après avoir été quatre fois remonté du fond de la mer, et y être retombé.

En 1956 seulement, quatre-vingt-dix ans plus tard, pouvait être mis en service le premier câble transatlantique téléphonique.

L'invention du téléphone parut encore plus extraordinaire, et les meilleurs esprits certifiaient qu'il était impossible de faire articuler des paroles à des mécanismes moins compliqués que les organes vocaux humains.

On sait que c'est en 1876 que Graham Bell réalisa le premier téléphone. En 1854, « L'Illustration » avait publié une description correcte de son principe, sous la signature de notre compatriote Charles Bourseul, qui fut dissadué d'en poursuivre la réalisation. Bell et Bourseul avaient tous deux été étroitement mêlés à l'éducation des sourds-muets.

En 1863, à New-York, s'était déroulé un fait divers dont je veux vous citer la description dans les termes de l'époque :

« Un homme d'environ 46 ans, qui déclara se nommer Joshua Coppersmith, a été arrêté à New-York pour avoir tenté d'extorquer des fonds à des gens ignorants et superstitieux en exhibant un appareil qui, disait-il, serait capable de transmettre à distance la voix humaine à travers des fils métalliques. Il appelle l'instrument le téléphone et prétend manifestement à imiter le télégraphe et capter ainsi la confiance de ceux qui connaissent le succès de ce dernier instrument sans en comprendre les principes de base. Les gens avertis savent qu'il est impossible de transmettre la parole humaine sur les fils métalliques comme on le fait pour les points et les traits des signaux morse, et, cela fût-il réalisable, la chose n'aurait aucune valeur pratique. Les autorités doivent être félicitées pour avoir arrêté ce criminel et on doit espérer que son châtiment sera prompt et convenable et qu'il servira d'exemple aux autres intriguants sans conscience qui s'enrichissent aux dépens de leurs semblables ».

En 1878, était publié à New-Haven (Connecticut) le premier annuaire téléphonique, ne comportant pas encore de numéro d'appel. En 1879, la Compagnie des Téléphones Edison comptait, à Londres, parmi ses employés, un jeune homme nommé Bernard Shaw qui, plus tard, a affirmé que grâce à lui l'histoire de la littérature était associée à celle du téléphone. L'aviation et les chemins de fer peuvent en dire autant, les noms de Clément Ader et de Crampton se trouvant mêlés à l'histoire que nous évoquons.

Enfin, en 1889, un entrepreneur des Pompes funèbres de Kansas-City, Strowger, inventait le téléphone automatique, dans le but de se débarrasser des demoiselles des téléphones, ses ennemies. Le téléphone moderne était né, on sait ce qu'il en est advenu.

Au moment de rappeler brièvement l'histoire des débuts de l'électrotechnique et des transports d'énergie, une remarque curieuse s'impose à l'esprit.

La technique des télécommunications électriques est essentiellement le fruit des travaux américains, comme on vient de le voir, et on peut dire que les U.S.A. ont conservé jusqu'à nos jours une situation privilégiée, qu'ils s'apprentent à maintenir

par l'application des satellites artificiels aux radiocommunications, dont nous parlerons un peu plus tard.

Il nous semble qu'une situation inverse peut être observée dans le domaine des transports d'énergie par l'électricité, qui furent inventés et développés en Europe, et où l'Europe a conservé jusqu'à nos jours une maîtrise et une supériorité reconnue actuellement par les électriciens américains.

Rappelons quelques étapes marquantes de cette histoire :

En 1849, la Compagnie « l'Alliance » construit de véritables alternateurs, mis au point par Nollet (de la famille même du célèbre Abbé Nollet, l'oracle de l'électricité du XVIII^e siècle) en vue de l'éclairage par lampes à arc. La Compagnie l'Alliance a été fondée par Auguste Berlioz, né à Grenoble. En 1870, Zénobe Gramme, ouvrier de l'Alliance, invente une machine à courant continu, à peu près simultanément avec Siemens, en Allemagne. En 1873, la réversibilité de la machine de Gramme est observée par Fontaine (technicien de Gramme). Cette même année, Gramme reçoit de la Société d'Encouragement un prix de 3.000 francs. Ce prix et la consécration publique de son invention eurent une importance évidente pour le succès de la Société Gramme qu'il venait de fonder. Marcel Deprez démontre en 1882, à Munich, et en 1883, à Grenoble, la transmission à distance de l'énergie. La distance franchie est de 50 km à Munich, de 14 km à Grenoble où l'énergie primaire est celle d'une chute d'eau.

Ces transports se font en courant continu, la machine Gramme étant le seul moteur électrique connu à l'époque.

Tesla et Ferraris inventent le moteur à courant alternatif à champ tournant, Gouillard le transformateur, et l'électrotechnique prend sa forme moderne. La Compagnie Générale d'Electricité est fondée en 1898.

Où en sommes-nous, aujourd'hui ?

Les puissances consommées et transportées par les réseaux électriques suivent dans tous les pays industriels la loi du doublement en dix ans, et les prévisions s'accordent à estimer que cette loi sera conservée pendant les deux prochaines décennies.

La puissance et la distance des grands

transports d'énergie électrique ne cessent de s'accroître sous l'influence des facteurs suivants :

— Eloignement des centrales hydrauliques des centres de consommation ;

— Construction des grandes centrales thermiques et nucléaires hors des agglomérations urbaines ;

— Echanges d'énergie entre zones d'horaires de consommation différents (fuseaux horaires) ;

— Génération d'énergie électrique en grande masse sur les gisements de combustibles (Sardaigne, Sibérie, par exemple).

Donnons quelques chiffres caractérisant la position de l'énergie électrique et de son transport :

Consommation d'énergie électrique en 1960 :

— aux U.S.A. 600 milliards de kWh

— en France. 72 milliards de kWh

représentant 25 % du total de l'énergie primaire en France. On estime qu'en France, en 1975, l'énergie électrique représentera 36 % du total de l'énergie primaire consommée. Le chiffre d'affaires d'Electricité de France, en 1960, a été de 440 milliards d'anciens francs, la plaçant seconde (ex æquo avec les Charbonnages) derrière la S.N.C.F. Les investissements annuels sont de l'ordre de 75 % du chiffre d'affaires.

Les grands transports d'énergie jouent un rôle capital dans cette activité ; ils sont caractérisés par un accroissement régulier des tensions.

La puissance économique des lignes étant proportionnelle au carré de la tension, on voit se profiler une loi du doublement, tous les vingt ans, de la tension des grands transports.

En 1932, étaient mises en service en France la tension de 220 kV, et en 1958, celle de 400 kV. Fin 1960, Electricité de France exploite 12.000 kilomètres de lignes à 220 kV, et 2.000 kilomètres de lignes à 400 kV. L'étape suivante, qui se situera entre 700 et 800 kV, est, dès aujourd'hui, en préparation.

Les puissances transportées par de telles lignes sont très importantes ; elles atteignent :

600 à 700 MW par circuit à 400 kV

900 MW par circuit à 500 kV

en U.R.S.S.

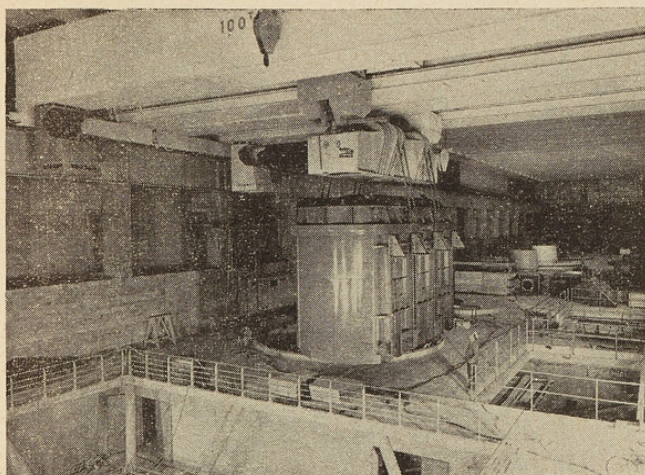


FIG. 2
Mise en place d'un transformateur de 400 kV à la Centrale de Roselend.

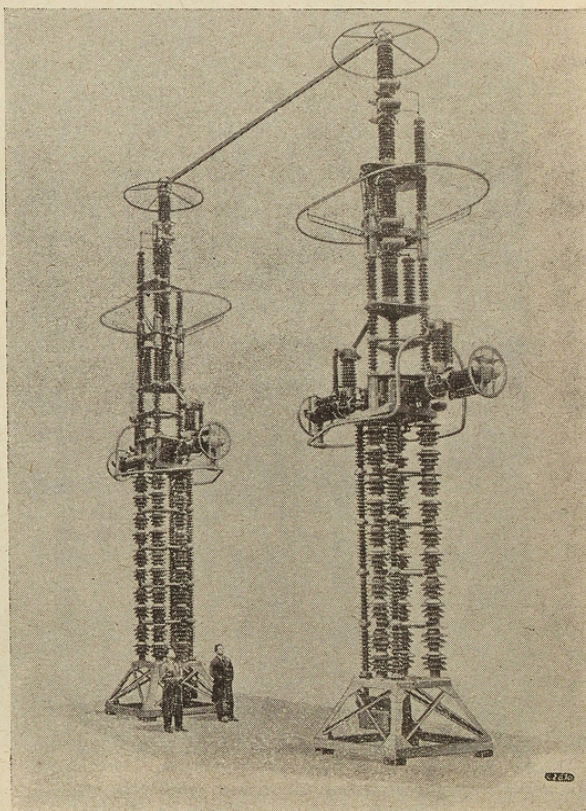


FIG. 3
Disjoncteur à 525 kilovolts.

L'ensemble des problèmes techniques posés par la construction et l'exploitation de tels transports, aujourd'hui en service, sont considérables ; les plus importants concernent la protection contre les incidents, court-circuits notamment. Ils conduisent à isoler les lignes pour des tensions

atteignant 2 à 2,5 fois les tensions de service, soit plus de 1.000 kV pour le réseau soviétique à 500 kV, aujourd'hui le plus puissant du monde. On sait que notre Compagnie a participé à la construction de la ligne à 500 kV Kouibychev-Moscou, longue de 1.000 km environ (figures 2, 3, 4).

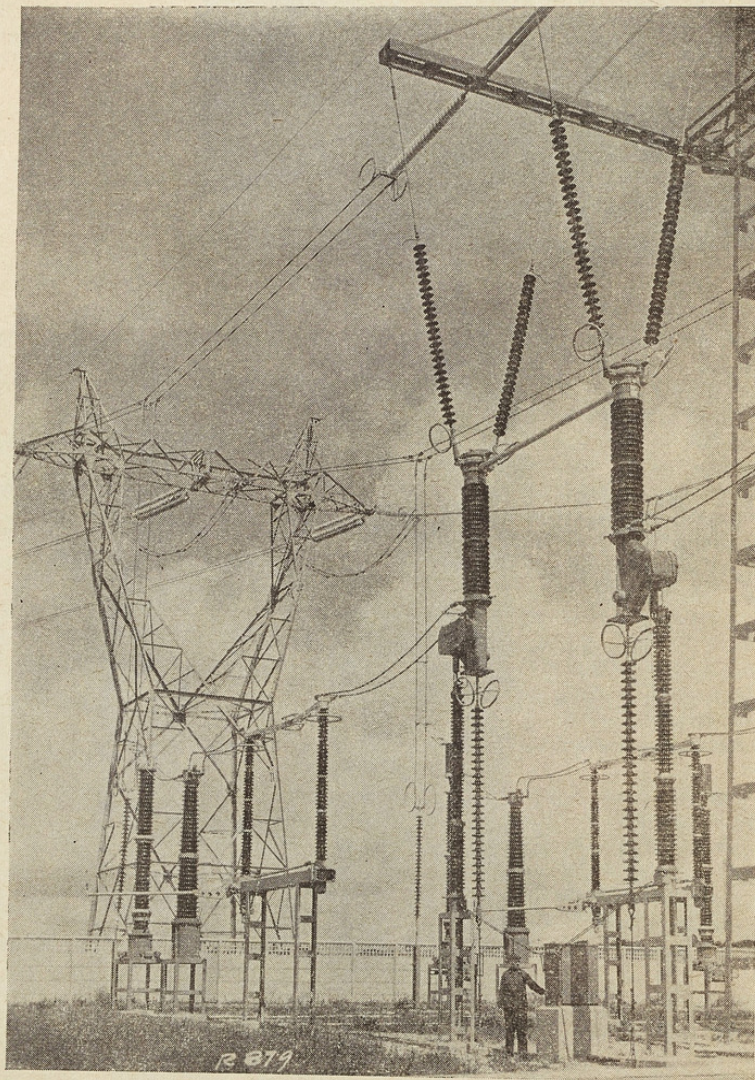


FIG. 4
Disjoncteur à 400 kilovolts en service à l'Electricité de France.

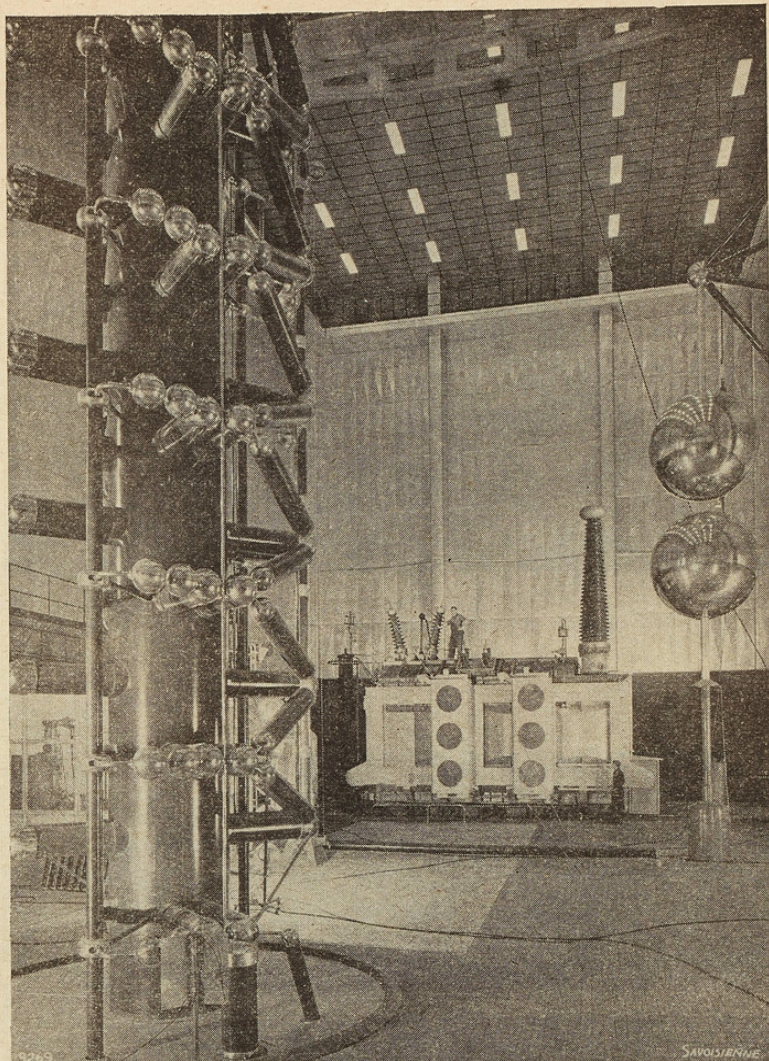


FIG. 5

Laboratoire à haute tension de la Savoienne, et transformateur à 500 kilovolts en cours d'essai.

L'étude et la mise au point des équipements de grands transports nécessitent des moyens d'essai considérables. Voici quelques vues de nos laboratoires d'essai, et de matériels à très haute tension :

Notre Compagnie dispose de trois laboratoires d'essais à très haute tension, à

Tarbes (Electrocéramique), à Aix-les-Bains (Savoienne) et, en coopération avec Alsthom, le Cerda, très puissamment équipé, à Lyon (figures 5, 6, 7).

Ces laboratoires comptent parmi les plus puissamment outillés du monde entier, et sont, dès maintenant, en mesure d'effectuer

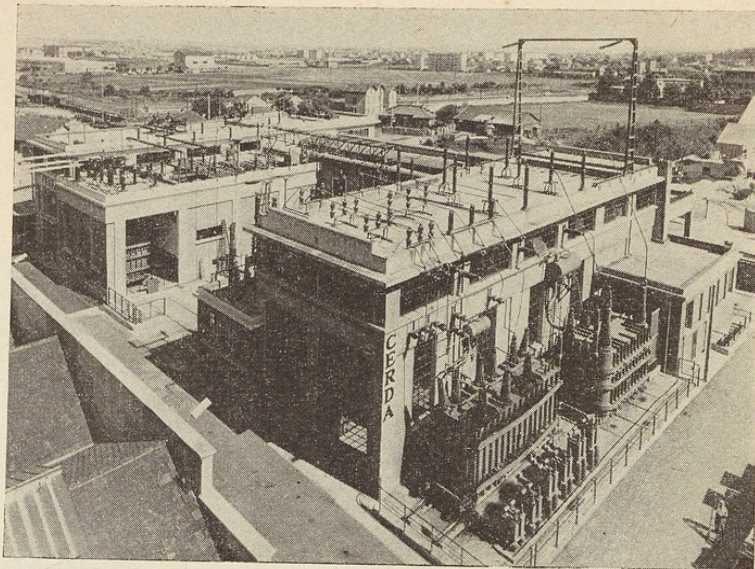


FIG. 6

Le CERDA, station d'essais de grande puissance (5.000 MVA).

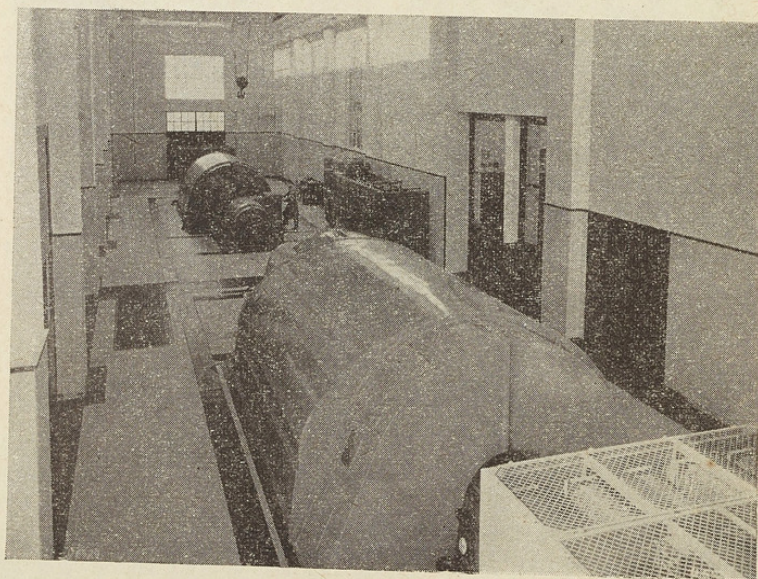


FIG. 7

Le CERDA, salle des alternateurs.

les investigations préliminaires relatives aux équipements du futur réseau européen à 700-800 kV.

Il semble qu'en matière de très grands transports d'énergie électrique, les réalisations et les projets se classent, par ordre décroissant, de l'U.R.S.S. à l'Europe Occidentale, et aux U.S.A. Les problèmes particuliers à l'U.R.S.S., les projets sibériens notamment, ont conduit ce pays à des études et réalisations particulièrement gigantesques. Une première ligne sibérienne de 1.600 km de long à 500 kV est en préparation. Elle doit transporter vers les centres industriels de l'Oural l'énergie des grands barrages de la Sibérie centrale, sur les fleuves Angara et Ienisséï. Des projets plus ambitieux encore sont au stade des études. Ils portent sur le transport de puissances de

l'ordre de 4.000 MW, à des distances de 1.500 à 2.500 km.

En Europe Occidentale, l'extension du réseau d'interconnexion international à 380-400 kV se poursuit, et il vient d'être décidé que l'étape suivante utiliserait une tension comprise entre 700 et 800 kV.

La situation économique et géographique des Etats-Unis n'a pas, jusqu'à présent, exigé dans ce pays la construction d'un grand réseau d'interconnexion à l'échelle américaine. Les gisements énergétiques sont dispersés largement à travers le pays, et sont peu éloignés des centres de consommation. 3.000 compagnies privées se partagent la production et le transport de l'énergie électrique. La tension la plus utilisée actuellement est 230 kV, avec d'importantes artères à 345 kV.

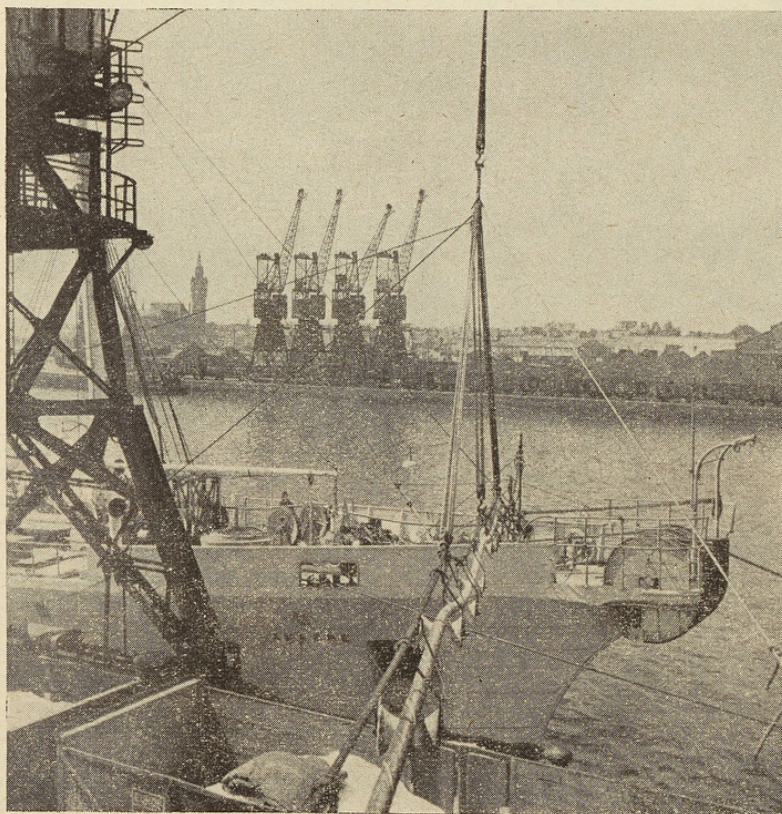


FIG. 8

Cable d'énergie France-Angleterre. Passage de l'usine de Calais sur le cablier Ampère.

Mais les inconvénients de cette situation commencent à se faire sentir, et l'Edison Electric Institute vient de publier les plans d'une série de réseaux d'interconnexion, correspondant à un investissement total de 8 milliards de dollars entre 1962 et 1970. La valeur actuelle totalisée des réseaux américains de transport est de 7 milliards de

40 kV/mm, opposées aux valeurs de l'ordre de 18 kV/mm pour les câbles à courant alternatif. Ces derniers sont en outre le siège de pertes diélectriques importantes, et leur capacité donne lieu à la circulation de forts courants réactifs.

Pour ces diverses raisons, le transport par courant continu devient avantageux dès



FIG. 9

Câble d'énergie France-Angleterre. Tirage à terre au Portel.

dollars. Les tensions de ces nouveaux réseaux seraient 345 kV, avec certaines extensions possibles à 500 kV.

Parallèlement à ces vastes travaux sur les lignes à courant alternatif triphasé, les progrès réalisés dans les convertisseurs alternatif/continu à vapeur de mercure ont provoqué un vif renouveau d'intérêt pour les transports d'énergie à courant continu. Ceux-ci sont pris en considération dans deux cas :

Un câble à haute tension à courant continu peut supporter des contraintes diélectriques considérables, de l'ordre de 30 à

que l'emploi d'un câble de 50 km de long, environ, est indispensable.

L'économie faite sur le câble paye alors le prix des stations de conversion qu'il faut monter à ses deux extrémités. Cette situation se rencontre lorsque le transport doit traverser un bras de mer par câble d'énergie sous-marin.

Le câble France-Angleterre vient d'entrer en service. Il transporte 160 MW sous 200 kV (figures 8, 9, 10). La liaison Sardaigne-Corse-Italie est en préparation ; elle porte sur le transport de 200 MW sous 400 kV. La liaison entre les deux îles de

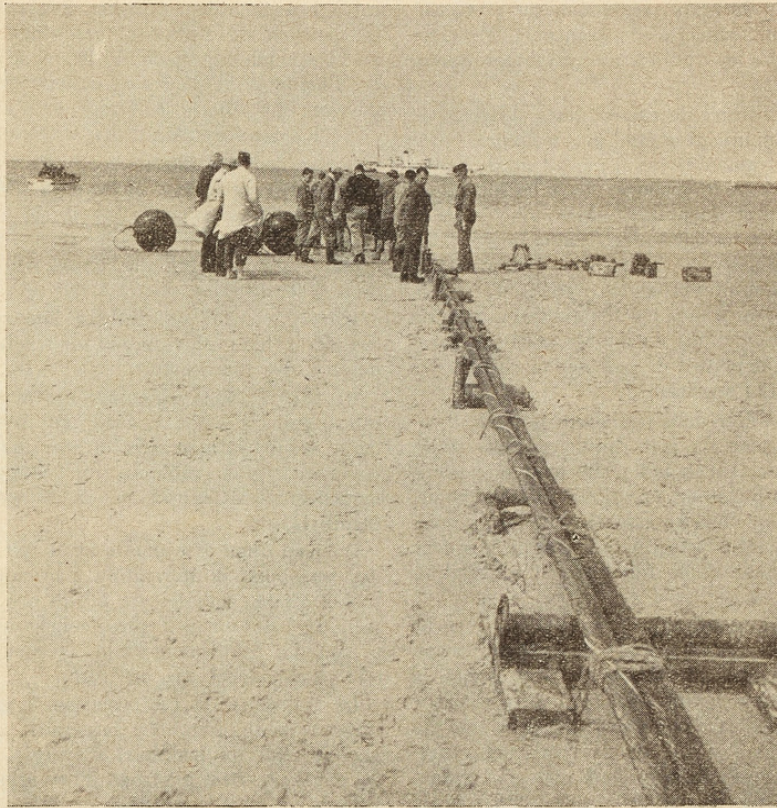


FIG. 10

Câble d'énergie Franco-Angleterre. Le câble sur la plage du Portel.

Nouvelle-Zélande vient d'être commandée : 600 km (dont 45 km de câble sous-marin), 600 MW sous 500 kV, elle entrera en service en 1965.

Le courant continu permet d'envisager des liaisons à très haute tension : 1.000 kV en câble terrestre, 500 à 600 kV en câble sous-marin. Une liaison sous-marine de 400 MW, de 1.000 km de long, réalisée en câble de moins de 10 cm de diamètre, serait équivalente à un transport de 10.000 tonnes de méthane liquide en dix jours, ou à un milliard de mètres cubes de méthane gazeux par an, ce qui exigerait un tube d'un diamètre beaucoup plus grand que celui du câble.

En second lieu, certains techniciens estiment que, même sur lignes aériennes, le

courant continu offre des avantages sur le courant alternatif dans le cas des très grandes distances.

Son emploi est étudié pour les grands transports sibériens mentionnés plus haut, sous forme de lignes à 1.500 kV, de 2.500 km de long.

Afin d'examiner les possibilités d'une telle ligne, une artère à courant continu expérimentale, déjà fort importante, est en construction entre Stalingrad et le Dombass, devant transporter, sous 800 kV, une puissance de 750 MW, à une distance de 475 km.

Passons maintenant au domaine des télécommunications.

Avant la dernière guerre, une différence importante existait entre les systèmes de télécommunication et les transports d'éner-

gie : ces derniers savaient mesurer et chiffrer leur capacité de transport, l'énergie étant une des grandeurs physiques fondamentales.

Au contraire, la capacité des systèmes de télécommunication était évaluée d'une façon vague et qualitative (on parlait de transmission d'« intelligence »). Sous les efforts de Hartley, et surtout de Shannon en 1945 (tous deux travaillant aux Laboratoires Bell) fut élaborée la théorie de l'information. Celle-ci, dont l'influence s'étend davantage chaque jour à tous les domaines de l'activité intellectuelle, mit fin à cette situation paradoxale, et permit de calculer et chiffrer les débits d'information.

Sans entrer dans les détails de cette théorie qui joue un rôle rapidement croissant, non seulement dans les télécommunications, mais en physique, en chimie et en biologie, notons qu'elle vise essentiellement à confirmer que deux télégrammes d'égale longueur contiennent deux fois plus d'information qu'un seul...

Elle fait aussi apparaître que la « largeur de bande » d'un système de communication joue un rôle grossièrement analogue à la tension des lignes d'énergie. Cette largeur de bande est l'inverse de la constante de temps du système, temps minimum nécessaire pour distinguer deux signaux élémentaires. Cette largeur de bande est passée de 5 hertz (c/s) pour les premiers câbles sous-marins, à 4 Kh pour le téléphone, à 10 Mh pour les câbles coaxiaux transcontinentaux, et atteindra plus de 100 Mh dans les liaisons à guides d'ondes millimétriques en cours d'étude.

La puissance d'une ligne d'énergie est proportionnelle au carré de sa tension. Le débit d'information d'une ligne de télécommunication est, en gros, proportionnelle à sa largeur de bande. Celle-ci, de l'origine à nos jours, a été multipliée par 10^6 , multipliant le débit d'information d'une ligne par 1 million.

Pour les lignes d'énergie, de l'origine à nos jours, la tension a été multipliée par 1.000 (de 500 volts à 500 kV), multipliant aussi le débit d'énergie par un million (de 1 kW à 1.000 mégawatts).

C'est un fait remarquable que l'accroissement des débits ait été du même ordre : il

est dû à la valeur voisine des rythmes d'expansion de deux techniques nées à la même époque, et, en définitive, au fait que le téléphone et l'éclairage électrique se développent côte à côte. Le parallélisme entre les deux domaines est, ici, frappant.

L'expansion du téléphone est illustrée par les chiffres suivants : de 1920 à 1960, le nombre des téléphones en service aux U.S.A. est passé de 13 millions à 70 millions, et, dans le reste du monde, de 7 millions à 62 millions.

L'accroissement du trafic à longue distance est bien plus rapide que celui du nombre des téléphones :

De 1920 à 1960, le nombre des messages interurbains aux U.S.A. a été multiplié par 30, et celui des messages intercontinentaux est encore plus rapide : son rythme est actuellement d'environ + 15 % par an (figure 11).

On peut donc dire que le trafic (ou débit des transports d'information à grande distance) double tous les six à huit ans environ, période un peu plus courte que la période du doublement de la consommation d'électricité (neuf ans, environ).

Le transport de l'information à grande distance pose donc des impératifs analogues à ceux du transport d'énergie. Dans les deux cas, c'est à l'esprit d'invention des ingénieurs qu'il appartient de trouver les solutions correspondant à la satisfaction des besoins, qu'ils ont d'ailleurs eux-mêmes créés.

L'électronique, avec l'invention de la lampe à trois électrodes par l'Américain Lee de Forest (en 1908) a ouvert la porte à la solution des grands transports d'information.

Les mises au point successives des radio-communications, des câbles téléphoniques coaxiaux, et, en 1956, des câbles téléphoniques sous-marins, sont présents dans tous les esprits. Il est difficile d'imaginer que ces techniques ont vu le jour dans l'espace d'une vie d'homme.

En 1910, un jeune opérateur radiotélégraphiste captait les S.O.S. du Titanic ; aujourd'hui, le général David Sarnoff est président de la Radio Corporation of America.

En 1925, les communications radioélectriques intercontinentales étaient assurées par

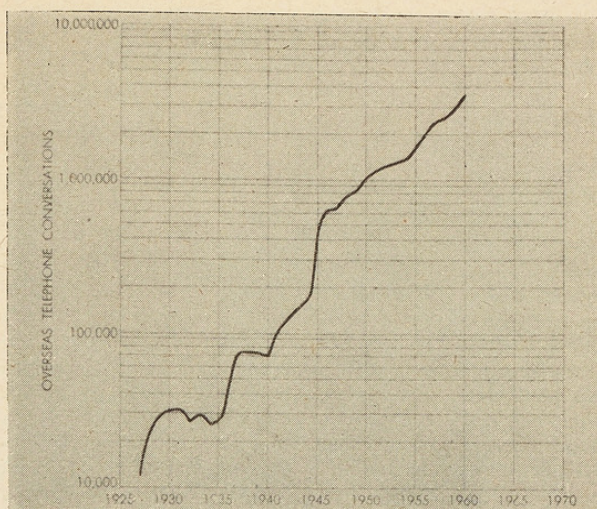


FIG. 11
Evolution du trafic téléphonique
à travers l'Océan Atlantique.

des émetteurs gigantesques, à ondes longues : l'émetteur de Sainte-Assise comportait dix-sept pylônes de 250 mètres de haut ; la puissance atteignait 1.000 kilowatts.

A la même époque, un amateur de Melun entraînait en communication avec les antipodes à l'aide d'un émetteur minuscule de moins de 100 watts fonctionnant sur ondes courtes : l'influence de l'ionosphère était découverte ; son étude valait, trente ans plus tard, le Prix Nobel à Sir Edward Appleton.

Les câbles téléphoniques sous-marins ne transportent que moins de 100 conversations par câble ; les câbles coaxiaux et les faisceaux hertziens dépassent de peu 1.000 conversations simultanées au-dessus des continents.

La saturation de ces types de transports est proche. Les ingénieurs des télécommunications étudient actuellement deux familles de techniques nouvelles, qui multiplient par plus de dix les débits réalisables, assurant ainsi l'avenir des vingt-cinq ou trente prochaines années.

La première technique est utilisable à terre ; elle s'appliquera aux liaisons continentales à très grands débits ; elle consiste à acheminer des ondes millimétriques à travers un guide d'onde circulaire de quelques centimètres de diamètre, rempli d'azote. Un tel dispositif permet l'acheminement simultané de plus de 10.000 voies

téléphoniques, ou d'une dizaine de voies de télévision. Les difficultés à vaincre sont sérieuses, mais il semble permis aujourd'hui de penser que ce système donnera aux liaisons continentales une capacité que l'accroissement du trafic mettra longtemps à saturer.

Il convient de dire ici qu'un nouveau type d'information viendra prochainement s'ajouter à celles qui circulent actuellement sur nos lignes : télégraphe, téléphone, facsimilé, télévision. Il s'agit des informations numériques arithmétiques qu'échangeront à distance les calculateurs électroniques, notamment les calculateurs de gestion.

Pour les transmissions intercontinentales, une solution infiniment spectaculaire est actuellement à l'étude, et votre société en a été savamment entretenue ici-même, le 17 novembre 1960, par l'ingénieur en chef des télécommunications Vogé. Il s'agit des radio-communications relayées par satellites artificiels.

L'emploi de tels relais rend possibles les transmissions intercontinentales à l'aide d'ondes centimétriques (entre 3 et 30 centimètres de longueur d'onde). L'acheminement simultané de 1.000 voies téléphoniques devient ainsi possible (par opposition aux 100 voies d'un câble sous-marin), ainsi que la transmission intercontinentale de la télévision, non réalisée à ce jour par d'autres moyens. Un symposium international sur

les communications spatiales s'est tenu à Paris, en septembre 1961, organisé par l'Union internationale de Radioélectricité scientifique.

L'état actuel de ces travaux est le suivant :

En 1960 et 1961, s'est déroulée l'expérience « Echo », utilisant un satellite passif formé d'une sphère de plastique métallisée de 30 mètres de diamètre. Les mesures effectuées ont montré qu'il est indispensable d'utiliser des installations terrestres démontrées pour assurer de bonnes liaisons radioélectriques à l'aide de satellites passifs. La tendance actuelle est donc de prévoir l'usage de satellites actifs, munis de postes récepteurs et émetteurs, pour disposer des coefficients de sécurité nécessaires. Néanmoins, des installations terrestres extrêmement importantes restent indispensables, par suite de la faiblesse des signaux.

Des expériences réalisées à l'aide de satellites actifs seront effectuées en 1962. Les caractéristiques essentielles de ces expériences sont les suivantes :

— Ondes centimétriques (5 à 15 cm) ;

— Puissance des émetteurs terrestres : quelques kilowatts (2 à 10 kW) ;

— Récepteur terrestre à Masers ;

— Diamètre des antennes terrestres : 18 à 25 mètres ;

— Puissance de l'émetteur des satellites : 2 watts ;

— Alimentation des satellites par piles solaires et accumulateurs au cadmium-nickel ;

— Satellite de 100 kg environ, de 1 mètre de diamètre (figures 12 à 15).

Si les expériences réalisées en 1962 et 1963 se révèlent satisfaisantes, l'exploitation pourrait commencer quelques années plus tard, entre 1965 et 1970. Les investigations économiques exécutées avec les données actuellement disponibles permettent de penser que de tels systèmes seront sensiblement moins chers (par voie téléphonique) que les câbles sous-marins.

Il est permis de dire ici que notre Compagnie, en coopération avec le Centre National des Télécommunications, travaille activement à la réalisation des deux familles d'équipements nouveaux que nous venons de mentionner (guides d'ondes millimétriques, à terre, et satellites relais pour communications lointaines).

Elle a assuré, avec le C.N.E.T., la réception à Nançay du satellite « Echo », en 1961 (figures 16 et 17), et participe actuellement à la construction de la station de Lannion, qui servira de poste terrestre français lors des essais internationaux de 1962.

Messieurs,

Il n'est probablement pas de meilleure conclusion à cet exposé que de constater que les deux techniques qui viennent d'être évoquées se rapprochent aujourd'hui pour constituer le domaine à peine défriché de l'automatisme.

Ici, l'électricité transporte les informations qui guident nos machines, et l'énergie qui leur donne la force mécanique. Autour de ces machines se retrouvent les électriciens, les électroniciens, les mécaniciens. C'est un spectacle réjouissant, que nous contemplons chaque jour dans nos usines.

Je voudrais, en terminant, adresser de sincères remerciements à mes collègues, qui m'ont tant aidé à préparer cette communi-

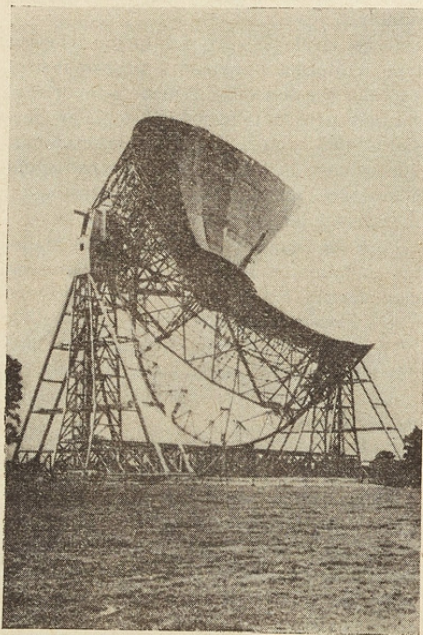


FIG. 12
Radiotélescope de Jodrell Bank ; diamètre : 75 mètres.

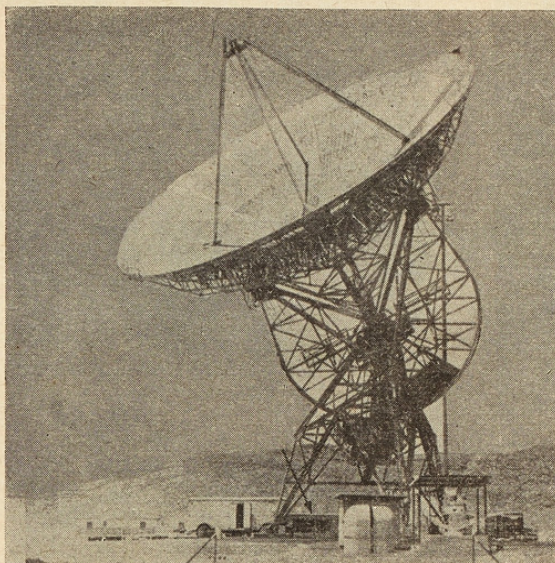


FIG. 13
Antenne d'émission vers les satellites ;
25 mètres de diamètre.

cation, et à rassembler la documentation nécessaire. Je prie M. Jacques Debré, président de la Compagnie Industrielle des Téléphones, de recevoir l'expression de ma

gratitude toute particulière : il m'a grand ouvert sa bibliothèque, riche d'une collection passionnante d'ouvrages et de documents originaux sur la naissance de la

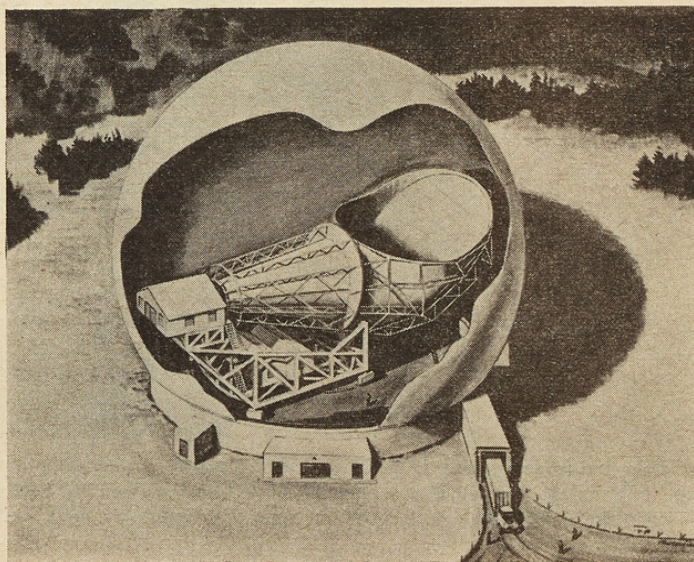


FIG. 14
Antenne de réception
pour satellites; 20 m
d'ouverture.

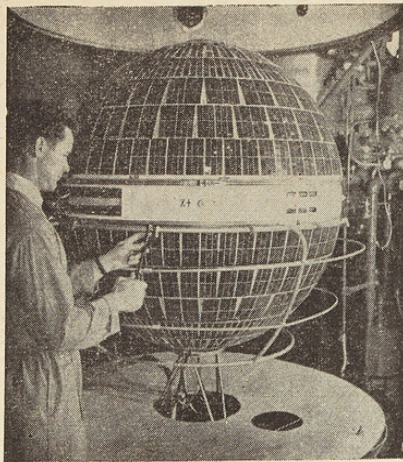


FIG. 15
Satellite « Courrier ».

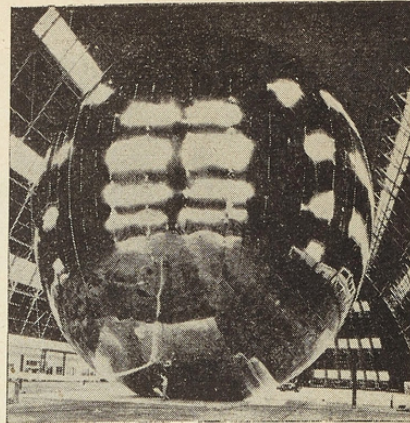


FIG. 16
Satellite « Echo ».

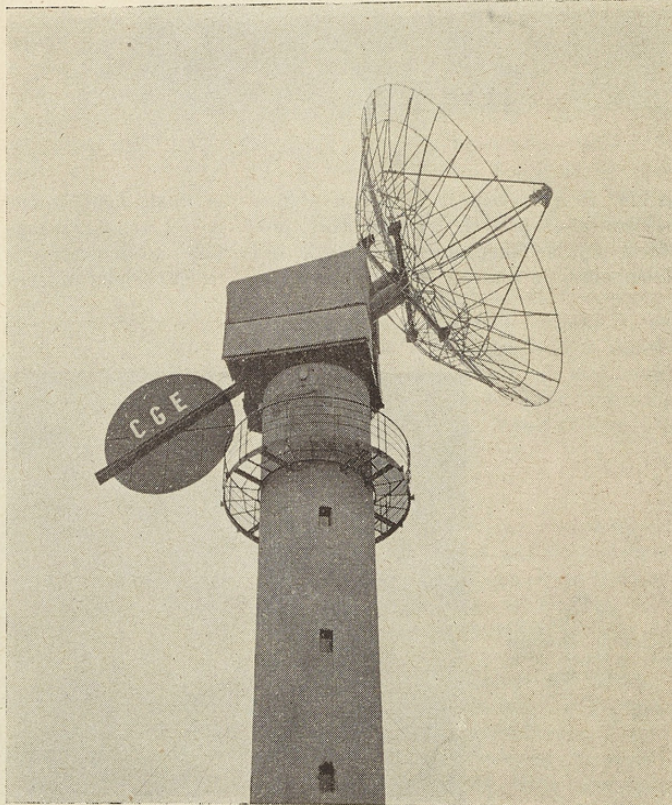
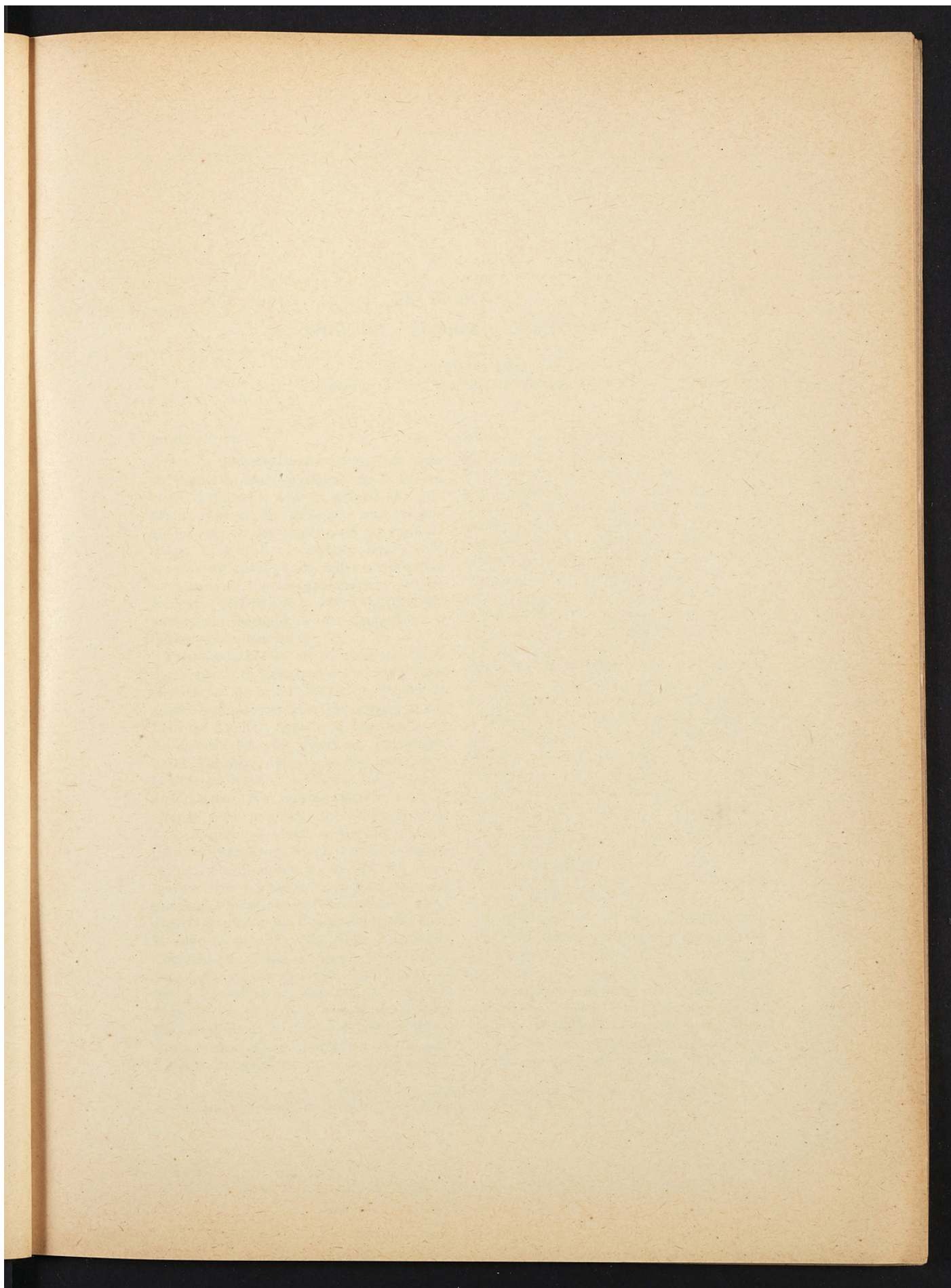


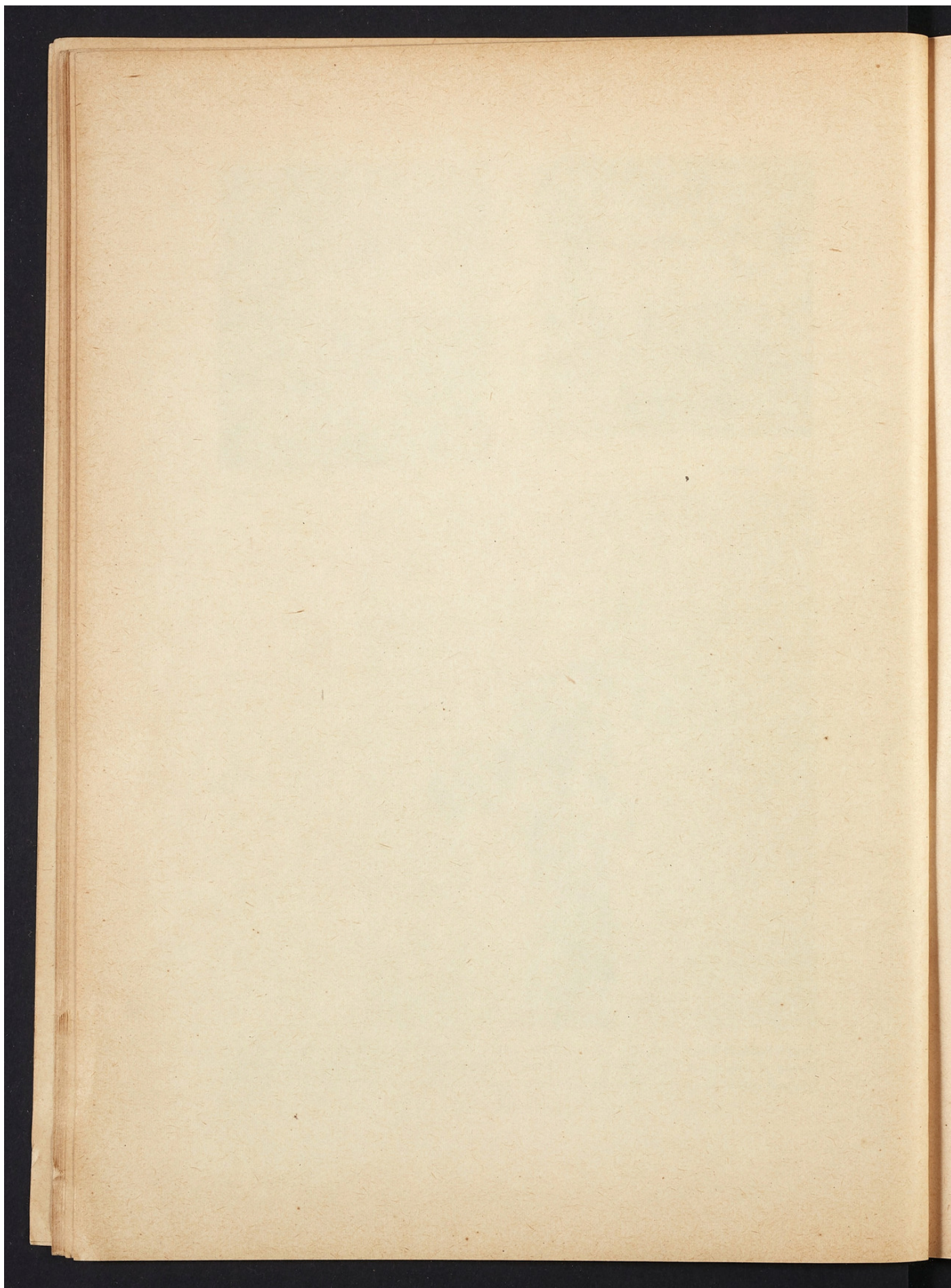
FIG. 17
Antenne de Nançay.
Réception de « Echo ».

science industrielle dont il connaît mieux que tout autre l'épopée et les anecdotes.

Monsieur le Président, je termine en vous

assurant que j'ai pleinement ressenti l'honneur d'avoir été invité à prendre la parole au cours de cette séance de votre Société.





LE BRUIT⁽¹⁾

Définition - Mesure - Prévention

Par M. Pierre CHAVASSE,
Ingénieur en chef des Télécommunications.

INTRODUCTION

Il y a quelques années, évoquant dans un exposé présenté au Palais de la Découverte certains « Aspects actuels du problème général du Bruit »⁽²⁾, nous remarquions que, si les bruits sont de tous les temps, le « bruit », véritable décor, sous-produit ou réaction de notre civilisation, est bien typiquement caractéristique de nos modernes activités. Il a crû en fonction des puissances mécaniques sur lesquelles est fondée notre économie.

Heureusement — et ce n'est là qu'un des aspects contemporains de cette mystérieuse loi de la mécanique de Newton et de son extension à l'électromagnétisme par Lenz : « l'action appelle la réaction » — les milieux les plus divers se sont préoccupés de notre défense et d'utiliser, dans la lutte contre l'un des fléaux de ce siècle, quelques-uns des moyens mêmes dont la science nous a dotés. Une véritable croisade a pris naissance, à laquelle participent les ingénieurs, les médecins, les sociologues, parfois même les législateurs. Leur travail, leur action se traduisent dans de multiples directions par des résultats théoriques et pratiques. Citons, en particulier, le rapport de la « City Noise Abatement Commission », qui a résumé les conclusions des études de cette commission et qui a été publié en 1930 par le « Department of Health » de la ville de New-York. Plus récemment, en 1948, un Symposium on Noise, consacré aux problèmes de la transmission du bruit et du son, réunissait à

Londres les techniciens qualifiés d'un grand nombre de pays, qui confrontaient leurs connaissances en vue de développer leurs moyens d'action. Les Allemands avaient, de leur côté, consacré de nombreux efforts à la lutte contre le bruit : « die Lärmabwehr ». Enfin, en dehors des congrès spécialisés, des conférences ou des commissions techniques traitant de certains problèmes particuliers faisaient, de temps à autre, le « point » des recherches entreprises et des connaissances acquises dans quelques domaines limités : le « Touring Club, la Ville de Paris, se sont ainsi penchés sur le problème des bruits dus à la circulation. Citons encore, le II^e Congrès Technique qui a tenu ses assises à La Baule, sur l'initiative de l'Institut National de Sécurité en septembre 1951, et qui avait consacré une de ses sections à l'examen de la question du bruit, considéré comme un fléau dont les effets nocifs devaient être classés parmi les causes, directes ou indirectes, d'accidents du travail. Cet Institut a, d'ailleurs, organisé lui-même, plus récemment, en 1959, sur le bruit, un Colloque qui a connu un grand succès.

Il n'est pas jusque dans l'enseignement officiel, Facultés ou Grandes Ecoles, où l'on ne trouve maintenant l'écho de ces préoccupations, sous la forme de cours traitant de l'acoustique générale et de ses prolongements pratiques. Les services publics, alertés, estiment que le problème du bruit est l'un de ceux qui doivent être étudiés et résolus en première urgence. Il est donc

(1) Conférence faite le 16 mars 1961, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
(2) Les conférences du Palais de la Découverte, série A, n° 179.

inscrit aux programmes des urbanistes, des architectes, des médecins et des ingénieurs comme à ceux de la Sécurité du Travail. Les Services de la Reconstruction s'y intéressent au premier chef, en tenant compte de ses incidences sur la vie sociale, sur le travail à l'usine, sur la santé du foyer. Ils s'efforcent, par exemple, de préciser les conditions d'habitabilité, les règles auxquelles devraient satisfaire les immeubles de diverses qualités et, indirectement, d'introduire un facteur « insonorisation » ou « sonorité » dans l'évaluation de la classe d'un immeuble ou d'un quartier.

Enfin, dans les ateliers bruyants, dans les salles de travail où se trouve réuni un nombreux personnel, dans les moyens de locomotion, des efforts sont faits pour réduire les bruits, soit à la production en agissant sur les sources, soit dans les lieux mêmes où ont pénétré les bruits, par un traitement et des revêtements intérieurs. L'aviation, grande productrice de vibrations et de bruits, a, elle aussi, depuis longtemps, abordé le problème de l'avion plus silencieux et des bancs d'essai de moteurs insonorisés. Des « zones de silence » sont, par exemple, envisagées autour des sources de bruits particulièrement intenses (aéro-dromes, bancs d'essai de moteurs).

Aujourd'hui même, dans d'autres circonstances de la vie en société où le bruit est moindre, l'attention des techniciens est attirée sur la recherche du confort par le silence ; c'est le cas notamment des transports en commun, urbains ou ferroviaires. Ajoutons que, dans le domaine de la signalisation, des efforts sont tentés pour concilier la sécurité et la tranquillité. Ainsi le bruit, qui nous accable si fréquemment et si diversement, pose-t-il des problèmes aux incidences multiples qui doivent être étudiés sous leurs divers aspects : théoriques et scientifiques dans leur principe, pratiques, concrets et réglementaires dans leur solution. En vue de les éclairer et d'en préciser logiquement les données, nous voudrions, tout d'abord, rappeler « ab initio » quelques définitions fondamentales, permettant de mieux introduire et saisir les développements ultérieurs.

DÉFINITIONS PHYSIQUES.

Pour lutter contre un ennemi, il faut, en premier lieu, l'identifier, le connaître, le découvrir sous ses formes mouvantes, en analyser les divers aspects, le « juger ». Ceci nous conduit à nous poser la question physique : qu'est-ce qu'un son ? Qu'est-ce qu'un bruit ?

Le son. — *Le bruit.* — Le son, comme l'ébranlement mécanique dont il n'est, d'ailleurs, qu'une des formes, a une cause physique « objective » et un effet subjectif : si ce dernier effet, que nous analyserons plus loin, est pratiquement la sensation sonore, l'origine physique en est une vibration matérielle simple, ou une vibration périodique complexe décomposable en un certain nombre de constituants sinusoïdaux, dont la fréquence et l'intensité sont comprises entre certaines limites, ou encore, une onde transitoire ayant parfois la forme d'une onde de choc. Le « son pur » est théoriquement caractérisé par une vibration simple ; le *bruit* est communément le résultat subjectif d'un ébranlement complexe, aux constituants inharmoniques accompagnés fréquemment de transitoires et produisant une sensation pénible et irritante.

Dans le cas d'un son complexe ordinaire, chacune des composantes est caractérisée par trois paramètres présentant entre eux des relations simples ; l'amplitude du mouvement vibratoire a , la vitesse oscillatoire de ce mouvement v , et la variation p de pression qu'il produit par rapport à la pression atmosphérique. (Quand il s'agit d'un milieu solide ou liquide, le troisième paramètre est aussi la pression p ou la force d'entraînement élastique par unité de surface exercée sur les éléments en vibration autour de leur position d'équilibre. Dans le système C G S, la force s'exprime en dynes (une dyne = 1 mg), la pression en dynes/cm², en baryes ou microbars ; l'amplitude et la vitesse se mesurent respectivement en cm et cm/s. Dans le système pratique, l'unité de force est le Newton et l'unité de pression le Newton par m². Elle vaut 10 baryes et est appelée en France le Pascal.

Il faut simplement insister sur le fait

que le caractère sinusoïdal d'une vibration est spécifique du son pur soutenu et que la fréquence f , ou hauteur des sons purs, est définie par nombre de périodes ou de cycles par seconde (p/s, c/s) de la sinusoïde et s'exprime normalement en hertz.

A cet égard, on distingue le domaine des sons audibles, dont la fréquence est comprise entre 30 et 20.000 Hz ⁽³⁾, le domaine des infra-sons, au-dessous de 30 Hz, et le domaine des ultra-sons, qui s'étend au-delà des sons audibles, jusqu'à des vibrations ayant des fréquences de l'ordre de quelques dizaines ou centaines de kilo-hertz. Les paramètres a , p et v , sont extrêmement petits puisque, même dans le cas des sons très intenses, la pression ne dépasse guère le décigramme par centimètre carré, c'est-à-dire quelque 100 baryes, et la vitesse de vibration, quelques centimètres par seconde.

D'autre part, dans l'hypothèse simple de la propagation par ondes planes progressives, il existe entre p , c , vitesse de propagation du son, et v , la relation suivante, dans laquelle ρ est la masse spécifique ou densité du milieu où se propagent ces ondes :

$$p = c \rho v$$

Le produit $c \rho$ définit ce qu'on appelle « l'impédance acoustique intrinsèque » du milieu. Dans le cas des ondes sphériques sinusoïdales, de rayon R , cette équation devient :

$$p = c \rho \frac{v}{1 + \frac{c^2}{\omega^2 R^2}} < \text{Arc tg } \frac{c}{\omega R} = \varphi$$

L'impédance acoustique est alors complexe, φ représentant l'angle, l'argument de cette impédance. La considération des analogies de l'électricité et de la mécanique ou de l'acoustique (analogies qui résultent de la similitude des équations de définition)

permet de rapprocher p d'une différence de potentiel et v de l'intensité d'un courant ; l'amplitude de vibration a est l'homologue de la quantité d'électricité. La quantité $c \rho$ est alors assimilable à une résistance électrique ; c'est en fait la « résistivité mécanique » du milieu matériel, ou encore sa résistance mécanique par unité de surface. Une telle définition trouve son origine dans celle de la résistance mécanique, partie réelle de l'impédance mécanique Z_m ou quotient de la force F (produit de la pression par la surface S sur laquelle elle s'exerce) par vitesse de vibration v :

$$Z_m = \frac{F}{v} = \frac{pS}{v}$$

En divisant par la surface S , on fait apparaître la pression, puis l'impédance acoustique intrinsèque ⁽⁴⁾ :

$$\frac{F}{Sv} = \frac{Z_m}{S} = \frac{p}{v} = Z_a$$

$$Z_a = c \rho$$

Cette dernière relation découle de l'équation de propagation des ondes planes ou de l'équation de l'hydrodynamique correspondante pour les petits mouvements, à savoir :

$$\rho \frac{dv}{dt} + \frac{dp}{dx} = 0,$$

qui exprime l'équilibre des forces élastiques, ou différences des pressions existant sur les deux faces d'un élément parallélépipédique d'épaisseur dx , et des forces d'inertie, et qui est satisfaite par les deux expressions classiques de p et v :

$$p = A f (ct - x)$$

$$v = \frac{A}{c \rho} f (ct - x).$$

L'impédance acoustique intrinsèque, comme l'impédance mécanique, varie dans de grandes proportions d'un matériau ou d'un milieu à un autre. A titre d'illustra-

(3) Ces limites de fréquence sont indicatives et conventionnelles en ce sens qu'elles encadrent le domaine des sons perçus par une oreille jeune et saine, en les séparant des sons que ne perçoit pas une telle oreille ; mais il existe des « ouïes » particulièrement fines qui entendent parfois encore au-delà de ces valeurs ; en revanche, des oreilles saines de sujets plus âgés ont naturellement un domaine plus étroit.

(4) L'impédance acoustique est, pour une onde sinusoïdale et une surface donnée, le quotient complexe de la pression acoustique supposée uniforme sur toute la surface par le flux de vitesse à travers cette surface : $\frac{p}{vS}$.

tion, nous pouvons citer les exemples suivants, dans lesquels les résistances intrinsèques $c\rho$ sont exprimées en ohms acoustiques par centimètre carré :

air (à 15°) = 42 ; hydrogène = 11 ;
eau = 15.10^4 ; pierre = 7.10^5 ;
fer = 4.10^6 .

Nous verrons plus loin une application de ces notions d'impédance.

L'INTENSITÉ SONORE.

Sans insister davantage, pour le moment, sur ces considérations théoriques, nous voudrions discuter une notion qui paraît, au premier abord simple et intuitive, mais qui est délicate quoique fondamentale : celle de l'intensité d'un son.

Cette notion a deux aspects : un aspect physique objectif et un aspect physiologique subjectif. Avant d'aborder les problèmes posés par le bruit, rappelons brièvement, à cet égard, quelques définitions essentielles, relatives notamment à son intensité et à sa mesure.

1° *Intensité physique d'un son. Expression arithmétique* : L'intensité physique d'un mouvement vibratoire est définie par le travail dépensé dans ce mouvement par unité de temps, c'est-à-dire, par le produit de la force génératrice du mouvement et de la vitesse de ce dernier (suivant la direction de la force).

$$I = F \times V$$

En acoustique, la force est le produit de la pression et de la surface :

$$I = pVS$$

ce qui donne, par unité de surface, l'expression suivante de l'intensité physique (énergie sonore transmise par unité de temps et par unité de surface) en fonction de la pression et de la vitesse :

$$I_s = pV$$

Dans le cas des ondes planes (ou des ondes sphériques sinusoïdales), I_s s'écrit :

$$I_s = \frac{p^2}{c\rho} \text{ ergs/cm}^2/\text{s} = \frac{p^2}{10 c\rho} \text{ micro-watts/cm}^2 \text{ (si } p \text{ est exprimée en baryes, } \rho \text{ en g/cm}^3 \text{ et } V \text{ en cm/s) }^{(5)}.$$

Si l'onde est sphérique, sinusoïdale et

émise par une source de rayon r_0 , avec une

$$\text{pression } p_0, I_s = \frac{p_0^2}{c\rho} = \frac{p_0^2}{c\rho} \frac{r_0^2}{r^2}, \text{ relation}$$

qui montre la variation bien connue de l'intensité en raison inverse du carré de la distance r à la source.

Expression logarithmique (le décibel).

D'autre part, le sens auditif est régi par la loi de Weber-Fechner, avec une approximation très suffisante en pratique. Cette loi exprime le fait que la sensation S varie comme le logarithme de l'excitation physique I .

En termes simples, la loi signifie que, si l'excitation I est multipliée par : 100, 1.000, 10.000, la sensation S est seulement augmentée de 2, 3, ou 4 unités. On est donc conduit à écrire :

$$S = K \log \frac{I}{I_0} \text{ (loi de Fechner).}$$

I_0 , intensité « liminaire », est l'intensité physique correspondant au seuil d'audition ou à la sensation 0 ;

L'intérêt et l'origine de cette notation résident dans le fait que la différentielle de S , soit :

$$\delta S = \frac{K\delta I}{I}$$

est représentative de la plus petite variation relative d'intensité qu'il soit possible de percevoir, c'est-à-dire, de la plus petite variation discernable δS de la sensation sonore ; ce qui permet une vérification indirecte de la loi intégrale ; elle traduit, en effet, en première analyse le fait que

$\frac{\delta I}{I}$ est constante et indépendante du

niveau d'intensité ; cette propriété (propriété qui exprime la loi de Weber et qui a été longuement discutée), n'est pas rigoureusement exacte et Fletcher a trouvé expérimentalement des courbes de correction. La notation logarithmique permet, néanmoins, de créer avec le « décibel », dont la définition est rappelée ci-après, un système mathématique d'unités qui correspond beaucoup mieux au mode d'apprécia-

tion de l'oreille, que les systèmes arithmétiques ordinaires et la notation en ergs ou en microwatts.

Si on compare entre elles les intensités I_1 et I_2 , ou les pressions acoustiques P_1 et P_2 de deux sons de même fréquence, on convient de dire qu'elles diffèrent de « n décibels » quand :

$$(1) \quad n \text{ (décibels)} = n \text{ dB} = 10 \log_{10} I_2/I_1 \\ = 20 \log_{10} P_2/P_1.$$

Ces équations montrent que le dB représente une variation dans le rapport de 1,26 de l'intensité et une variation dans le rapport de $\rightarrow \sqrt{1,26} = 1,122$ de la pression acoustique, soit 26 % et 12 % respectivement, puisque $1 \text{ dB} = 10 \log 1,26$;

$= 20 \log 1,122$. Il ne faut jamais oublier qu'une valeur en décibels n'exprime qu'un rapport d'intensités (ou de pressions) ⁽⁵⁾ et que, pour être mesurée en dB, une intensité physique doit toujours se rapporter à une intensité de référence.

Le décibel a une origine téléphonique : il a été introduit en 1928 sous sa forme actuelle, par les ingénieurs des télécommunications, pour évaluer les affaiblissements

ou les équivalents de transmission des liaisons téléphoniques, sur la base des logarithmes décimaux. Son nom a été choisi pour rendre hommage à l'un des pionniers du téléphone, Graham Bell, et en l'honneur de la puissante organisation téléphonique qu'est le Bell System d'Amérique.

2° *Intensité physiologique d'un son (le phone).* — Si l'oreille était un « instrument » linéaire en fonction de la fréquence, les courbes d'égale sensation sonore, c'est-à-dire les courbes représentant la variation, en fonction de la fréquence, de l'intensité physique du son qui donne à l'oreille la même sensation d'intensité subjective quand la fréquence varie, seraient des droites horizontales. Or, l'expérience montre que l'appréciation subjective est fonction à la fois de l'intensité et de la fréquence ; cette double variation est illustrée par le fameux réseau de courbes de Fletcher et Munson, dont la courbe inférieure est le lieu des seuils d'audibilité et la courbe supérieure, le lieu des seuils de sensation douloureuse (fig. 1). Il en résulte que le décibel est insuffisant pour caractériser l'intensité subjective et qu'il est nécessaire de créer une autre

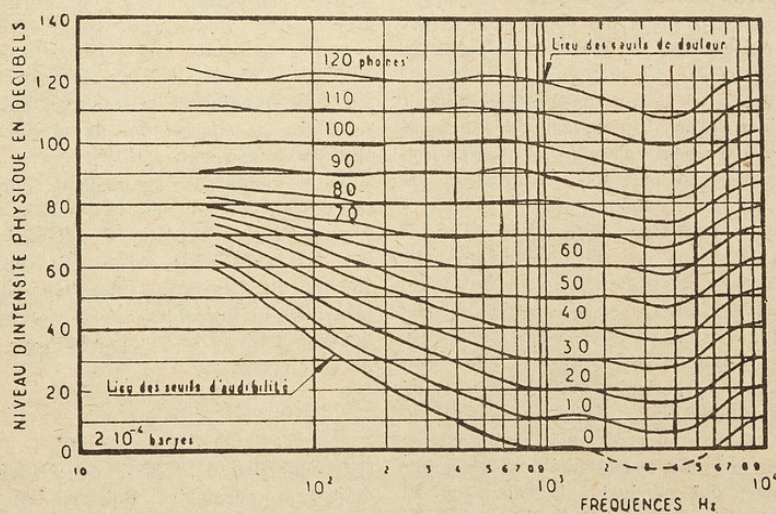


FIG. 1. — Courbes d'égale sensation sonore (Fletcher et Munson).

- (5) Ces équations sont à rapprocher de celles de l'électricité $w = ui = \frac{u^2}{r}$.
 (6) Ou plus généralement de deux grandeurs de même nature.

NIVEAUX D'INTENSITÉ ACOUSTIQUE DE DIVERS BRUITS

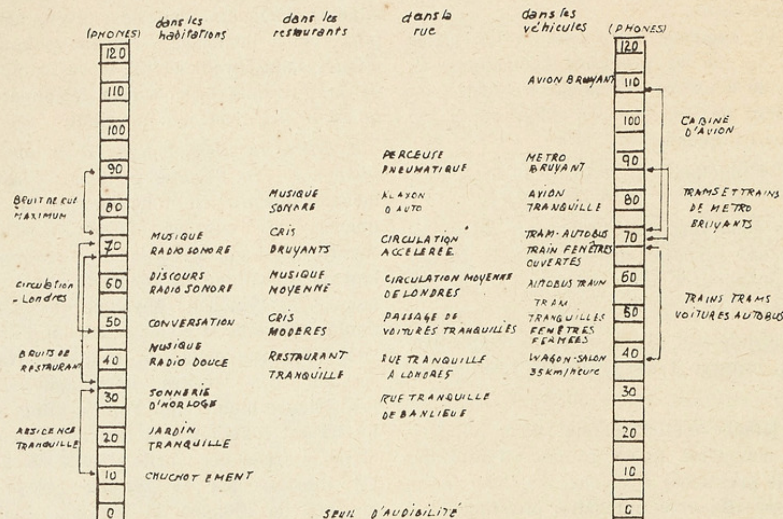


FIG. 2. — Echelle des niveaux de bruits usuels de Londres (d'après Davis).

unité faisant intervenir la courbure de l'appréciation auditive. On a donc proposé, sur la base des expériences de Fletcher et Munson, de rapporter toutes les sensations subjectives au son de fréquence 1.000 p/s (supposé se propager par ondes planes, face à l'opérateur qui le perçoit). Lorsque ce son est réglé de manière à donner à l'opérateur la même impression que le bruit considéré, son niveau en décibels, au-dessus du seuil d'audibilité conventionnel de 10^{-16} W/cm² (ou en pression, de 2.10^{-4} baryes), exprime en « phones » l'intensité acoustique subjective du bruit considéré. Selon la récente terminologie acceptée par les Commissions Internationales (C.E.I., I.S.O.), ces courbes, d'égale sensation, ou « force » sonore, c'est-à-dire d'égale « sonie » sont dites « lignes isosoniques » parce qu'en tous les points de chacune d'elles la « sonie » conserve la même valeur : le « niveau d'isonie » y est donc constant et exprimé par le nombre de phones qui est égal à la valeur en dB de l'ordonnée du point d'abscisse 1.000 Hz de la courbe isotonique correspondante.

Le phone est pratiquement le plus petit échelon de variation d'intensité subjective

qu'il soit possible de percevoir dans des conditions habituelles d'audition.

On distingue de 120 à 150 échelons de 1 phone entre le seuil de la douleur et le seuil d'audibilité : pour en illustrer la signification. Davis a dressé, d'après des mesures de bruits usuels exécutés à Londres, une échelle de leurs intensités basée sur cette notation et qui est reproduite par la figure 2 ; elle permet de graduer pratiquement le champ auditif.

Nous ajouterons simplement que certains bruits de moteurs et d'hélices, mesurés au cours d'expériences effectuées sur des bancs d'essais, atteignent près de 150 phones. Ces fortes intensités sont parfaitement intolérables pour l'organisme humain, tout au moins pendant un temps un peu prolongé.

3° Mesure objective.

L'appareil objectif de mesure de l'intensité subjective d'un bruit est évidemment délicat à construire puisque, en toute rigueur, il devrait posséder toutes les propriétés, toutes les finesses de l'oreille sous le rapport de la variation de sa sensibilité, tant avec la fréquence qu'avec l'intensité et

la durée des sons, et tenir compte de l'action simultanée des diverses composantes. L'oreille possède, en effet, une inertie, une « constante de temps », qui est voisine de 0,2 seconde et qui joue un rôle important dans son appréciation des sons de caractère transitoire et de structure complexe.

En fait, devant la difficulté de résoudre complètement, dès maintenant, le problème du sonomètre et dans l'attente des développements futurs, les hautes instances internationales ont convenu de ne pas demander aux sonomètres usuels de mesurer des phones, dont la détermination relève encore de l'évaluation subjective ou

d'un calcul conventionnel, mais simplement, grâce à une graduation logarithmique et à des réseaux pondérateurs de sensibilité en fonction de la fréquence (réseaux dits A, B, C — fig. 3), de mesurer des dB (A), des dB (B) ou des dB (C), suivant le réseau utilisé au cours de la mesure. Elles recommandent même — contrairement aux prescriptions antérieures qui régissaient l'emploi des anciens sonomètres et qui associaient, impérativement et spécifiquement, les niveaux d'intensité en phones et les réseaux filtrants A, B, C — de mesurer un même bruit en utilisant successivement les trois réseaux A, B, C, ce qui conduit à trois résultats en dB (A),

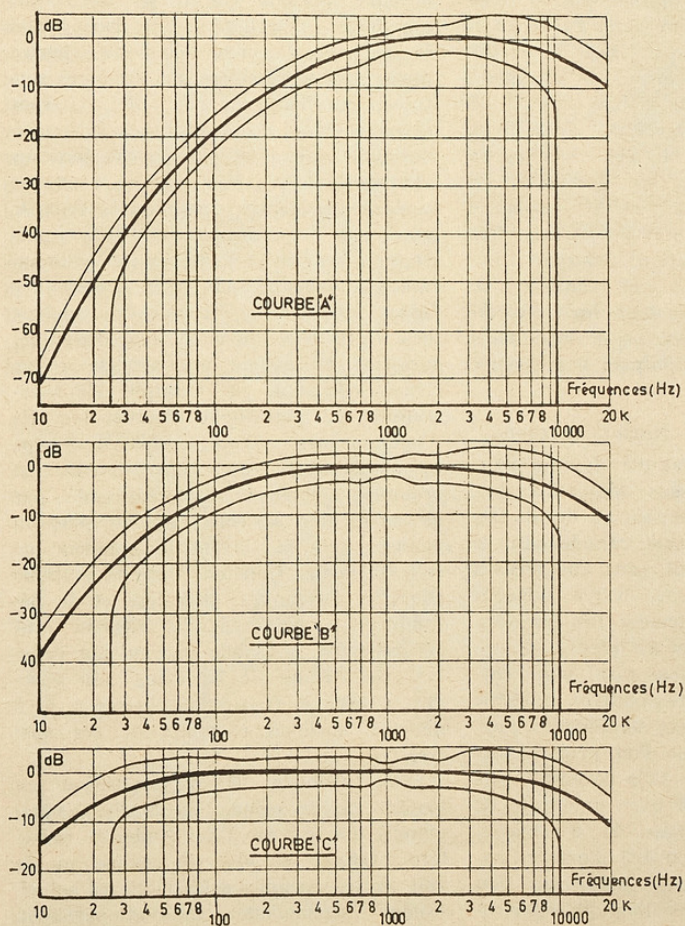


FIG. 3. — Réseaux A, B, C des sonomètres.

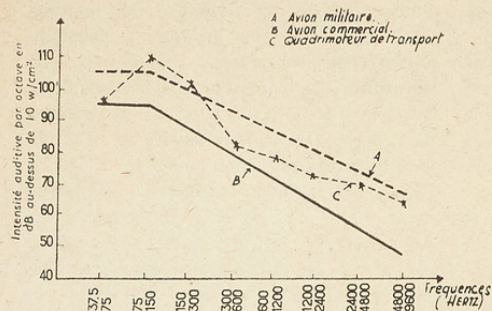


FIG. 4. — Exemples d'analyse spectrale : spectres du bruit de trois avions.

dB (B), dB (C) qui renseignent déjà sur la structure spectrale du bruit. La loi de détection de l'appareil de mesure doit être quadratique, ce qui signifie que, si deux sons de fréquences différentes F_1 et F_2 et d'intensité sonométrique égale à x dB, sont mesurés simultanément, le sonomètre mesurera une intensité globale $x + 3$ dB puisque $3 \# 10$ fois logarithme de 2. Deux types de sonomètres ont été créés par la C.E.I. : le sonomètre de précision, en cours de spécification, et le sonomètre (ordinaire) un peu moins précis mais très suffisant dans la pratique courante. Les courbes de la figure 3 sont relatives à ce dernier ; elles représentent les pondérations en dB et les tolérances de fabrication rapportées à la sensibilité pour la fréquence 1000 Hz.

ANALYSE SPECTRALE — NOTION DE SONIE.

Toutefois, il n'est pas d'évaluation satisfaisante d'un bruit sans adjonction, aux nombres globaux de phones ou de dB (A), (B) ou (C), d'un élément caractérisant la structure du bruit, soit, sans une analyse spectrale. Car la gêne, l'effet subjectif d'un bruit sont directement liés au nombre, à la distribution et à l'intensité de ses composantes : on obtient ainsi par l'analyse une courbe représentative, véritable spectrogramme, qui a une signification physique objective, et que l'on peut ensuite discuter et interpréter. Cela revient à exécuter les mesures, soit avec une suite de filtres de bandes larges de 2 octaves, 1 octave, 1/2 octave ou 1/3 d'octave, suivant la « finesse » du résultat que l'on désire, soit avec un oscillographe-spectro-

mètre à exploration continue par bande sélective étroite qui donne la distribution spectrale, en quelque sorte instantanée ou moyenne pendant un temps déterminé, sous forme d'un diagramme, dans lequel les fréquences composantes du spectre sonore sont représentées par des raies verticales parallèles ou par des courbes moyennes, dont les amplitudes sont proportionnelles aux logarithmes des tensions relatives à chaque fréquence ou à chaque bande de fréquences composantes. Dans le cas de sons très variables, une telle représentation devrait, en toute rigueur, avoir un caractère évolutif pour tenir compte des fluctuations dans la structure en quelque sorte instantanée du bruit. Les analyseurs modernes fournissent une analyse de ce genre ; tels sont, par exemple, les sonagrammes qui permettent d'enregistrer des « sonagrammes », dans lesquels le temps est porté en abscisses, et la fréquence en ordonnées, l'intensité étant représentée par un point dont la coloration est plus ou moins accentuée suivant la grandeur de cette intensité. Toutefois, dans la pratique courante, les moyens d'analyse et de décomposition précédemment décrits sont généralement suffisants, pourvu que l'analyse par bandes de fréquence soit enregistrée dans le temps. Les figures 4, 5, 6 donnent quelques exemples de ces analyses.

Cette méthode de décomposition en bandes de fréquence du bruit général mesuré, qui se prête à des études de caractère pratique et objectif comme on le voit par les exemples précédents, est actuellement recommandée internationalement.

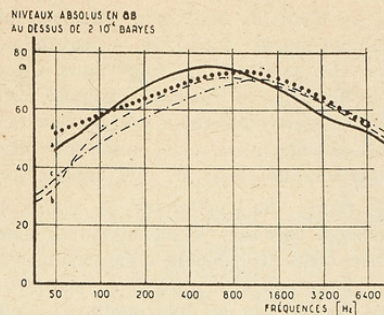


FIG. 5. — Spectres du bruit dans diverses salles d'opératrices.

CALCUL DE LA SONIE.

Étant donné l'influence de la hauteur d'un son et du spectre d'un bruit sur la sensation d'intensité qu'il nous procure, phénomène qui nous est révélé par la courbure des lignes isosoniques de Fletcher et Munson et que nous constatons qualitativement dans nos appréciations subjectives, on s'est demandé s'il était possible de relier, par des formules simples, le spectre d'un bruit relevé en décibels par bande de fréquence et l'intensité subjective. C'est précisément le travail qu'ont mené à bien Stevens et d'autres auteurs tels que Köhler. Ils ont montré qu'en partant de l'analyse spectrale exécutée avec des filtres de bandes, larges d'une octave, d'une demi-

octave ou d'un tiers d'octave, on pouvait calculer ce que nous appelons la « sonie » ⁽⁷⁾ et qui caractérise, peut-être, mieux la sensation sonore que la mesure en phones anciens. Sans entrer dans le détail de cette nouvelle technique dont le crédit va grandissant, rappelons qu'au moyen d'une échelle de sonie graduée en « sonies » (en fait, logarithmiquement suivant des puissances de 10 : 1, 10, 10²... 10⁵...), on peut tracer des abaques établissant une corrélation entre les sonies, qui expriment des sensations 3, 10, 10¹, 10³, 10⁴... fois plus grandes que la sensation 1, et les intensités physiques en dB, pour des sons de bandes larges d'une octave, d'une demi-octave ou d'un tiers d'octave et de fréquence moyenne croissante. Ainsi, pour chaque bande de fréquence, les abaques de Stevens font correspondre un certain nombre de sonies à l'évaluation en décibels des éléments structuraux du son mesurés dans cette bande. Les sonies *S* représentées par les nombres de sonies correspondant aux diverses bandes sont additives, la sonie totale *S_t* résultant de l'équation :

$$S_t = S_m + F(\Sigma S - S_m),$$

ΣS désignant la somme des sonies partielles, *S_m* la sonie maximale et *F* un coefficient caractérisant la largeur des bandes,

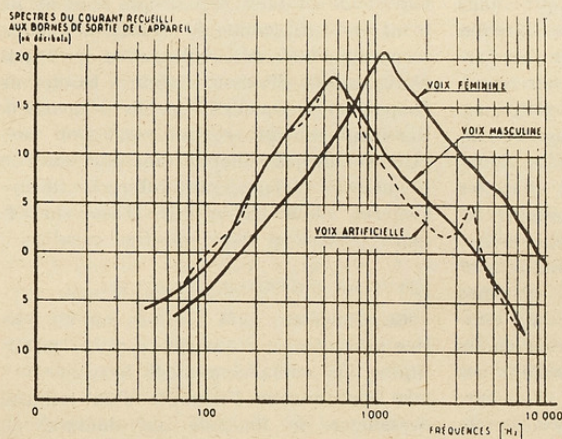


FIG. 6. — Spectres de la voix humaine.

(7) Dans le vocabulaire électrotechnique, la sonie, ou force sonore, est définie comme étant « le caractère de la sensation auditive lié à la pression acoustique du son ». Le terme « sone » a été préconisé comme unité de « sonie ».

par exemple, 0,3 pour les filtres d'octave, 0,15 pour des filtres de tiers d'octave.

De S_e , on remonte alors à un nombre de P phones, appelés phones « Stevens », qui correspond assez bien au nombre des phones qui seraient mesurés subjectivement, en utilisant la formule :

$$S_e = 20,1 P^{-4} \text{ ou } P = 40 + 10 \log S_e$$

Un sone correspondant à une intensité de 40 phones.

En fait, un abaque permet d'obtenir très rapidement par une simple lecture le résultat cherché. Ces définitions de base étant ainsi rappelées, il est possible d'aborder le problème essentiel du bruit et de sa réduction.

LA LUTTE CONTRE LE BRUIT.

Ce problème est triple, car il concerne les trois points suivants :

- A) l'étude et le traitement des sources ;
- B) la réduction du bruit au cours de sa transmission (d'un local à un autre) ;
- C) la réduction des bruits dans le local même où il se produit.

A) Etude et traitement des sources.

Le traitement des sources présente un intérêt direct, car il vaut toujours mieux « prévenir que guérir ». Disons simplement que cette action sur les sources peut s'exercer de diverses façons ; s'il s'agit, par exemple, d'une machine qui, dans l'industrie, doit accomplir une fonction déterminée, il faut étudier toutes les parties radiantes et vibrantes et chercher à les éliminer. On peut y parvenir soit, dans le cas d'installations nouvelles, par le choix de machines les mieux adaptées, dont toutes les parties tournantes ou vibrantes seront calculées et dimensionnées de manière à ramener leurs fréquences propres à des valeurs basses et inaudibles et à réduire les résonances des systèmes mobiles, soit, dans le cas de machines existantes présentant de simples parois ou de simples contacts vibrants, en revêtant ces parois de matériaux collés et visqueux, suivant le principe du « flockage », ou de matériaux simplement plus mats et absorbants. On peut encore munir les machines de couvercles, de « capots » protecteurs

qui — lorsqu'ils sont bien calculés, suffisamment lourds et amortis — peuvent procurer des bénéfices très importants. Citons, pour illustrer ces procédés, quelques exemples concrets concernant non seulement le type des machines, mais aussi leur degré d'entretien qui joue un rôle considérable.

1° *Choix des machines* : Le choix des machines destinées à une opération déterminée, obéit évidemment à un certain nombre d'impératifs relatifs à la nature de leur exploitation et des fonctions qu'elles doivent assurer ; quand ce choix est multiple, il est avantageusement guidé par la considération des bruits inhérents à leur fonctionnement. Tel est le cas des machines destinées à une opération d'ébarbage : trois types de machines avaient été expérimentés dans un atelier avec un égal succès mécanique :

- 1 - un burin pneumatique
- 2 - une machine pneumatique portable
- 3 - une machine à meuler à tête fine.

Les niveaux de bruits correspondants se montaient respectivement à 95, 88 et 85 dB, ce qui classait avec certitude la bruyance respective de ces machines et permettait de choisir la plus silencieuse (fig. 7).

2° *Entretien des machines*. Il est à peine besoin de mentionner son influence sur le bruit car elle est évidente. Citons, par exemple, le cas d'une machine bien entretenue et bien réglée, qui donnait un bruit de 75 dB, contre 81 à une machine de même type mais mal réglée, avec des écarts atteignant 10 dB dans certaines bandes de fréquences auxquelles l'oreille est particulièrement sensible et qui résultaient précisément de jeux inopportuns par usure et de mauvais réglage. Cette différence illustre l'intérêt, d'ailleurs intuitif, d'une surveillance précise et d'un entretien régulier.

EFFET DE MATÉRIAUX ABSORBANTS.

Ces matériaux sont disposés sur les parties vibrantes ou entre les surfaces métalliques aux contacts mutuels bruyants :

a) Mentionnons l'exemple d'un tonneau dessableur de fonderie qui donnait, au cours du brassage des pièces de fonte, le bruit extrêmement intense de 93 dB. Son revêtement intérieur par du caoutchouc

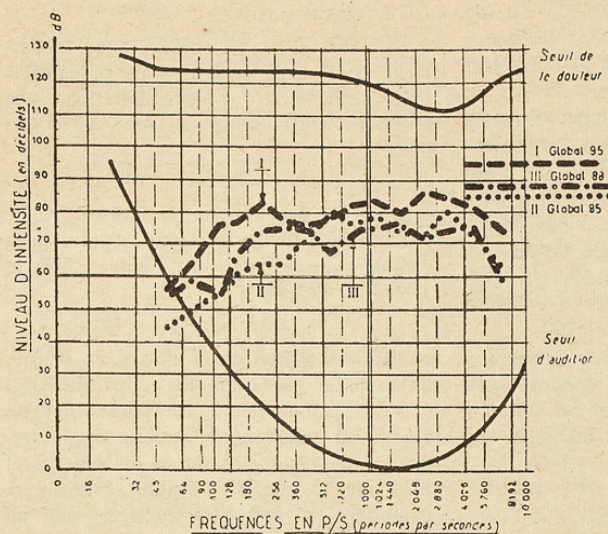


FIG. 7. — Spectres du bruit au cours d'une opération d'ébarbage.

« linatex » a ramené ce niveau à 79 dB, en abaissant notamment de près de 20 dB l'intensité de certaines composantes élevées. Or, chose digne d'être notée, car elle montre que l'insonorisation n'est pas nécessairement acquise au prix d'un moindre rendement du matériel, l'usure de la machine s'est trouvée considérablement réduite du fait du traitement.

b) Un autre cas remarquable est celui des voitures du métropolitain dont le bruit intérieur a été ramené de 101 à 75 dB par leur montage sur pneumatiques, ce qui a apporté une amélioration telle que les voyageurs peuvent y converser sans efforts, à voix basse, et que l'arrivée des rames en gare doit être annoncée par haut-parleurs, tellement elle se fait silencieusement.

D'une façon plus générale, en présence d'une machine bruyante, qu'on ne peut remplacer par une autre plus silencieuse, il y a lieu de rechercher les points où se crée plus spécialement le bruit, par une auscultation à l'aide d'un sonomètre comportant des microphones très directifs et associés avec des spectromètres qui contribuent à leur localisation. On peut ainsi plus facilement les traiter et les insonoriser. Nous pourrions nous référer à de nombreux cas de bénéfices acquis par ce traitement, aussi bien dans le domaine indus-

triel que dans celui de la vie sociale. Mais les exemples précédents illustrent, semble-t-il, suffisamment la position du problème et le moyen de le traiter ; aussi devons-nous maintenant examiner le second point de la question, celui des bruits de transmission.

B) Transmission des bruits d'un local à un autre. Effet des murs séparateurs.

La propagation du bruit d'un local à un autre local se fait à travers les murs et les cloisons ou par la masse de la construction, la charpente des immeubles, sous forme de vibrations originellement créées par des sources rayonnant dans l'air ou par des moteurs ou des machines ancrées dans le sol, par des chocs, par le trafic de la rue... et directement transmises aux soubassements et aux infrastructures.

Cette transmission est un phénomène classique : c'est le cas, par exemple, d'une salle de dactylographie que l'on veut isoler d'un bureau adjacent, des locaux d'habitation qu'il faut séparer acoustiquement entre eux ou protéger contre les bruits de la rue. C'est aussi le problème des bancs d'essai de moteurs d'avion, contre le bruit desquels il faut protéger la cabine de contrôle contiguë ou les lieux habités qui l'avoisinent. L'expérience com-

parative des vieilles maisons de famille, aux murs épais légendairement insonores, et des légères cloisons ou des plafonds trop minces qui se laissent transpercer par les bruits voisins, agaçants ou indiscrets, nous enseigne l'importance du facteur « masse » dans l'isolement sonore. Il faut, en outre, y joindre l'action de l'hétérogénéité. Explicitons cette connaissance subjective et intuitive par une formule très simple, qui montre que les murs lourds sont le principal obstacle à la propagation aérienne des sons.

L'équivalent de transmission acoustique d'un matériau (ou d'un mur), encore appelé indice d'affaiblissement sonore est, en effet, défini en dB par la relation suivante :

$$R_e = 10 \log \frac{N_1}{N_2},$$

en négligeant les termes correctifs dus à la « sonorité » des locaux séparés, N_1 étant le flux d'énergie acoustique frappant l'échantillon à essayer (ou le mur) dans la région où est émis le bruit, et N_2 le flux d'énergie acoustique rayonné par l'échantillon (ou le mur) par sa face opposée. R_e dépend de la masse des murs et de l'hétérogénéité des réparations.

EFFET DE LA MASSE.

Cet équivalent de transmission acoustique peut, dans certains cas, se calculer théoriquement et, en particulier, pour une cloison homogène non poreuse par la formule :

$$E = -22,44 + 20 \log fm$$

f est la fréquence, et m , la masse du mur par cm^2 ; J. Brillouin donne, d'autre part, comme valeur moyenne, entre 200 et 4.000 Hz, l'expression

$$D = 15 \log_{10} M + 12,$$

où M est la masse de la cloison en Kg/m^2 , dont l'effet logarithmique apparaît ainsi clairement. Lorsque la fréquence que l'on étudie est relativement proche de la fréquence de résonance de la cloison, f_0 , et inférieure à elle, la formule ci-dessus se complique et doit être corrigée, par un terme qui tient compte de cette dernière (8). En tout état de cause, ces formules montrent que l'affaiblissement apporté est grossièrement proportionnel au logarithme de la fréquence et au logarithme de la masse de la cloison. Les courbes moyennes ci-jointes illustrent, d'ailleurs, ce résultat théorique qui a été vérifié statistiquement dans de nombreuses circonstances par divers spécialistes (fig. 8).

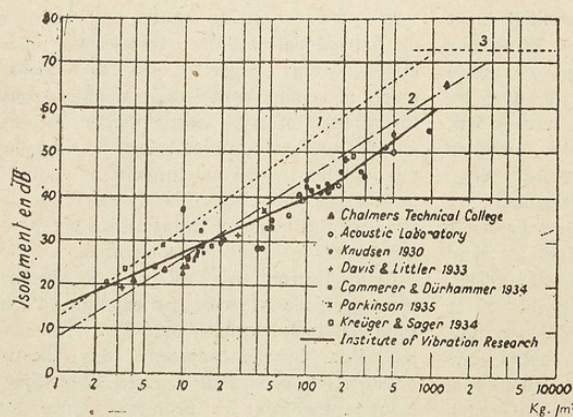


FIG. 8. — Effet de la masse d'un mur sur l'isolement sonore.

(8) L'expression de E s'écrit alors : $E = 10 \log \left[\frac{(r + 2R)^2}{4R^2} + \frac{\pi^2 f^2 m^2 \left[1 - \left(\frac{f_0}{f} \right)^2 \right]^2}{R^2} \right]$ où r est la résistance de dissipation interne de la cloison, R la résistance acoustique de l'air ($R = 42 \text{ env.}$), m la masse de la cloison par cm^2 .

Ces résultats se rapprochent au fond de ceux que donne l'étude du problème du passage du son d'un milieu à faible densité (air de faible résistance acoustique R_a) à un milieu lourd et massif de résistance acoustique R_m beaucoup plus grande. L'affaiblissement apporté à la transmission

est alors $10 \log \frac{4 R_m}{R_a}$ dB approximative-

ment. Comme dans R_m intervient la masse spécifique du milieu, on retrouve bien des résultats analogues à ceux qui ont été indiqués précédemment. Un exemple particulier de cette protection contre les bruits est donné par la disposition de l'oreille interne à l'intérieur de la boîte crânienne.

EFFET DE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ.

Quand on veut améliorer l'affaiblissement, on utilise souvent le principe des parois multiples et hétérogènes qui ajoute, à l'effet simple de la réfraction et de la masse, l'effet des réflexions et des amortissements internes. Les formules précédemment rappelées en ont donné une idée, en indiquant l'effet du passage du son d'un milieu de caractéristiques données à un second milieu de caractéristiques différentes. Par exemple, un espace d'air entre deux murs ou deux vitres augmente d'une façon appréciable l'isolement acoustique. Ainsi, pour deux vitres épaisses chacune de 6 millimètres, l'indice d'affaiblissement sonore passe de 33 dB, quand elles sont au contact, à 38 dB, quand il y a entre elles un intervalle d'air de 4 centimètres, et à 48 dB pour un intervalle d'air de 40 centimètres. A titre de comparaison, on peut préciser qu'un mur de 22 centimètres, en briques pleines, présente un indice d'affaiblissement sonore moyen de 40 dB environ, et une plaque de bois contreplaquée, de 5 millimètres d'épaisseur, un isolement moyen de 5 dB seulement.

Indiquons, dès maintenant, comme exemple d'application pratique de ces règles scientifiques, que les Suédois imposent depuis 1946 les indices d'isolement suivants pour leurs nouvelles constructions dans la bande 1.000 - 3.000 Hertz :

Pour un hôpital	50 dB
Pour un appartement	48 dB
Pour une école	42 dB
Pour une salle de travail .	40 dB.

Nous reviendrons plus loin sur les normes françaises d'isolement sonore dans l'habitat.

Remarque : Atténuation des vibrations.

Le problème de la protection contre les bruits purement acoustiques et celui de la défense contre les vibrations sont logiquement connexes.

Ce dernier problème, que nous nous bornons à poser sans le traiter parce que, à lui seul, il exigerait de longs développements, est symétrique du problème proprement dit de la protection contre le bruit. Les sources de vibrations, tant dans les usines que dans les locaux d'habitation, sont nombreuses : bruits de pas, moteurs, ascenseurs, machines tournantes, trafic de la rue, passage de trains sur les voies ferrées ; aussi est-il nécessaire de prendre contre elles des mesures sérieuses. Les solutions dérivent des mêmes principes, mais avec adaptation à la grandeur des éléments mécaniques des systèmes vibrants ; on y distingue l'action sur les sources et l'isolation mécanique. En ce qui concerne l'isolation mécanique, on combine les discontinuités, les coupures et l'association des matériaux ayant des élasticités, des rigidités différentes ; on peut ainsi grouper des éléments « massiques » et des éléments « élastiques » (ressort), de manière à constituer de véritables filtres mécaniques analogues aux filtres électriques, la masse et l'élasticité jouant respectivement le rôle de l'inductance et de la capacité électriques. En ce qui concerne les sources, moteurs et machines tournantes, il faut agir à la source même, en étudiant les mécanismes, en équilibrant convenablement et en amortissant leurs parties mobiles, enfin en les isolant rationnellement du sol, ce qui pose des problèmes très compliqués, étant donné l'obligation dans laquelle on se trouve d'utiliser simultanément des matériaux rigides (béton, plomb) et élastiques (ressort, liège, caoutchouc...)

On joint à ces filtres mécaniques des systèmes à amortissements « feutrés » ou

« visqueux ». Pour assurer une protection efficace contre les vibrations produites par des bruits d'impacts (chocs ou bruits de pas), on utilise de plus en plus des planchers flottants et des sols recouverts de caoutchouc mousse, de linoléum, de tapis épais ou autres produits similaires ; on a recours, pour mesurer leur efficacité, à des machines produisant des chocs gradués, des pas artificiels (par chute libre de la masse de petits marteaux qui tombent d'une hauteur donnée et qui sont automatiquement relevés après chaque chute), dont le principe général a été normalisé au cours de conférences internationales et on analyse objectivement les bruits correspondants aux divers points de comparaison.

C) Réduction des bruits intérieurs par absorption.

Le dernier facteur, qui joue un rôle essentiel dans l'aménagement acoustique des salles et des immeubles, est l'affaiblissement par absorption de surface. Dans les salles mêmes où se produisent des bruits du fait, par exemple, de la présence d'un grand nombre de personnes qui sont fonctionnellement appelées à parler pour donner des informations ou transmettre des ordres (salles de banque, de télégrammes téléphonés...), il est possible d'améliorer notablement l'ambiance, l'habitabilité, en revêtant également les parois de matériaux absorbants. Les effets qu'ils déterminent, par application sur les cloisons et plafonds des salles, sont principalement de trois sortes :

- baisse du temps de réverbération de la salle traitée ;
- diminution du niveau sonore global existant dans la salle ;
- localisation relative du bruit dans la région où il est produit.

L'efficacité acoustique d'un matériau absorbant est caractérisée à chaque fréquence par son coefficient d'absorption, ou rapport de la puissance acoustique qu'il réfléchit, à la puissance acoustique qu'il reçoit. Le coefficient d'absorption varie considérablement d'un matériau à un

autre ; il dépend aussi de la fréquence et, parfois, de l'intensité du son incident.

La théorie de la réverbération permet, dans une certaine mesure, de calculer simplement avec une exactitude suffisante la diminution du niveau de bruit que l'on peut attendre de la pose dans une salle d'une certaine surface de matériaux absorbants. L'intensité moyenne du bruit « distribué » dans un local est, en effet, donnée approximativement par la formule :

$$E = \frac{4 WT}{0,16 Vc} = \frac{p^2}{c^2 \rho} = \frac{4 W^{(9)}}{cA}$$

où p est la pression acoustique efficace moyenne, ρ la densité de l'air, W (watts) est la puissance acoustique des sources productrices de bruit ; T , le temps de réverbération du local, c'est-à-dire, le temps que met l'intensité d'un son pour décroître à la millionième partie de sa valeur initiale, soit de 60 dB, à partir de l'instant auquel la source qui le produit a cessé d'émettre ; V (m^3) est le volume du local et c la vitesse du son (m/s), A est l'absorption totale. Nous en déduisons donc que, dans une même salle où les temps de réverbération sont T_1 et T_2 , respectivement avant et après l'insonorisation et correspondent à des absorptions moyennes A_1 et A_2 , la diminution de bruit, dans une bande de fréquence donnée, pourra être évaluée en décibels par la formule :

$$N = 10 \log_{10} \frac{A_2}{A_1} = 10 \log_{10} \frac{T_1}{T_2} \text{ dB.}$$

Cet effet ne concerne naturellement que les sons réfléchis sur les parois et non le son transmis directement qui, d'ailleurs, décroît rapidement avec la distance et n'est généralement pas gênant. Un bénéfice d'une dizaine de dB, surtout appréciable dans les fréquences aiguës, peut ainsi être obtenu, qui transforme très avantageusement les conditions de travail au point de réduire l'absentéisme du personnel. Les figures 9, 10, 11 et 12 illustrent ce résultat dans diverses salles : une salle de dactylographie, deux salles d'opératrices, une salle

(9) Suivant la formule de Sabine, $T = \frac{0,161 V}{A}$.

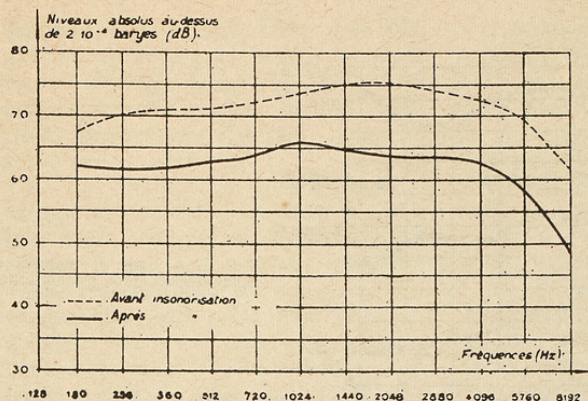


Fig. 9. — Effet de l'insonorisation d'une salle de dactylographie.

Fig. 10. — Effet de l'insonorisation d'une salle d'opératrices.

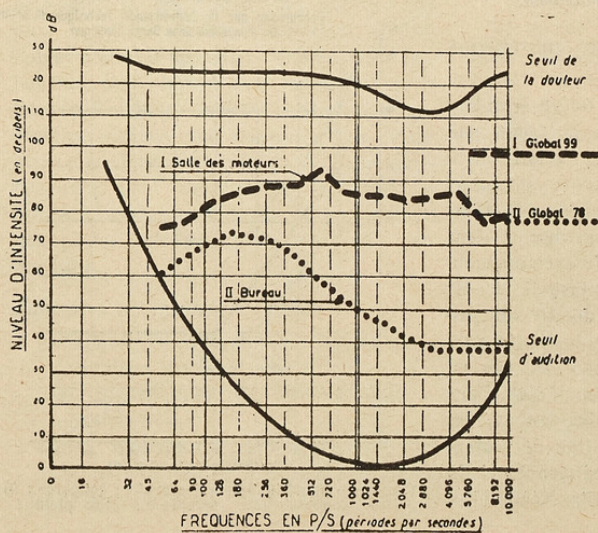
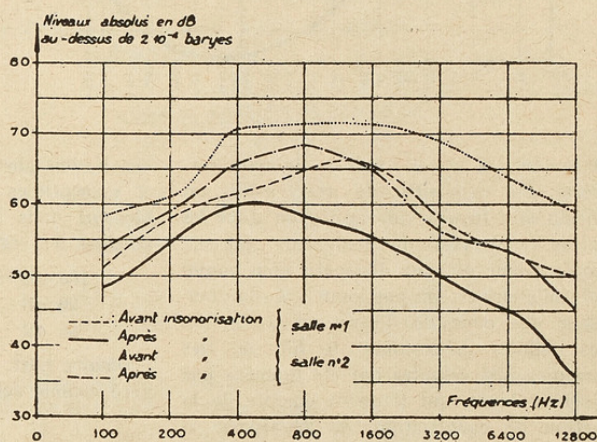


Fig. 11. — Salle de moteurs et compresseurs et salle voisine.

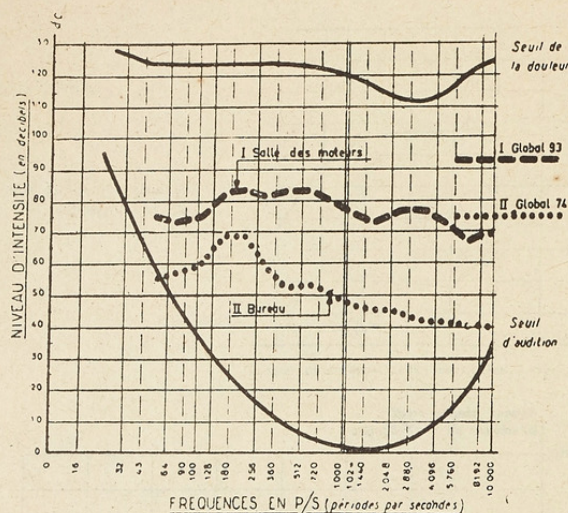


FIG. 12. — Salle de moteurs et compresseurs après insonorisation du plafond de la salle.

de moteurs et la salle voisine de cette dernière. Ce dispositif de revêtement est étendu aux tuyaux de ventilation dont les parois, couvertes de matériaux poreux, ajoutent leur pouvoir dissipatif bien connu (affaiblissement proportionnel à la longueur des conduits d'aération) à l'action des cellules mécaniques de filtrage. Des formules intéressantes ont été données par divers auteurs, qui tiennent compte de la section de canalisation, de l'épaisseur et de la nature des matériaux utilisés.

LIMITES DE BRUITS TOLÉRÉS ET PROSPECTION DES LOCAUX.

A. - Les limites du bruit toléré semblent pouvoir être envisagées de la façon suivante : dans les ambiances relativement calmes où le bruit agit sur le personnel par un simple effet de gêne : 60 dB. Dans les locaux bruyants ou dangereux et dans les ateliers : 80 dB à 1 000 Hz avec augmentation progressive, de 10 dB jusqu'à 100 Hz et diminution progressive de 10 dB jusqu'à 10 000 Hz. C'est vers cette limite qu'il faut tendre en définitive. Toutefois, elle est difficile à atteindre dans l'immédiat. Dans les ateliers qualifiés de « bruyants », les dangers de surdité sont fonction de l'intensité du bruit aux diverses fréquences et du temps d'exposition à ces bruits. Néanmoins,

des limites absolues acceptables, tolérables et susceptibles d'être proposées raisonnablement dans l'immédiat, pourraient être voisines des valeurs suivantes :

100 dB	fréquence	100 Hz
90 dB	—	1 000 Hz
80 dB	—	10 000 Hz

D'autre part, des limites du bruit considéré comme acceptable, préconisées par le

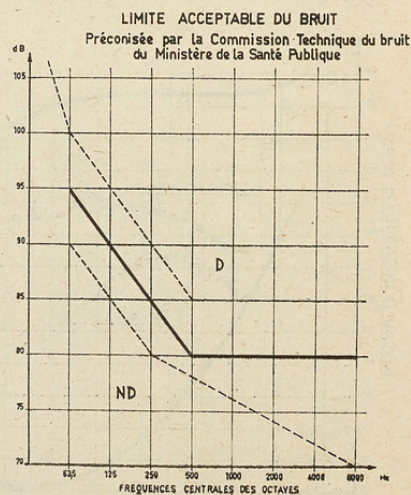


FIG. 13. — Courbes limites des bruits : dangereux (D), non dangereux (ND), acceptables (trait plein).

Ministère de la Santé Publique, sont définies par la courbe en trait plein de la figure 13 qui spécifie également les niveaux non dangereux (ND) et les niveaux intolérables ou dangereux (D) qu'il ne faut en aucun cas dépasser.

B - En application de ces normes, il est nécessaire d'étudier systématiquement le bruit dans les locaux et, à cet effet, d'en dresser ce que nous pouvons appeler la « carte sonométrique » par une prospection systématique. Cette prospection permettra d'abaisser les bruits réels au-dessous des limites que nous venons d'indiquer, en tenant compte des impératifs ou des néces-

sités des travaux à exécuter et des fonctions à remplir dans les divers locaux. A titre d'exemple, nous donnons le schéma de prospection des bruits dans un grand atelier de réparation. Ce atelier est divisé en cinq éléments dont les fonctions sont nettement différenciées. A défaut d'une exploration minutieuse très analytique, on considère, en première approximation, qu'une analyse avec un filtre de trois doubles octaves, très portatif, procure déjà des informations intéressantes en différenciant les fréquences basses, les fréquences moyennes et les fréquences élevées, comme l'indique le tableau suivant :

Exemple de prospection d'un atelier de réparation
Bruit en dB (c)

	Global	Bande 100 - 400 Hz	Bande 400 - 1 600 Hz	Bande 1 600 - 6 400 Hz
Chaudronnerie	77 à 108	72 à 106	71 à 101	70 à 105
Ateliers de mécanique	75 à 95	78 à 95	76 à 95	70 à 95
Ateliers d'ajustage	80 à 98	75 à 85	75 à 90	72 à 92
Ateliers d'outillage	71 à 78	68 à 75	69 à 79	67 à 73
Ateliers des forges	94 à 98	94 à 96	82 à 87	94 à 95
Local des Essais de Moteurs				
(suivant l'emplacement) ..	92 à 104	89 à 104	83 à 100	69 à 88
	94 à 106	91 à 106	85 à 103	71 à 90

Ainsi apparaissent les points les plus névralgiques et l'utilité de séparer nettement les plus bruyants et les moins bruyants, le traitement des ateliers les plus bruyants devant naturellement être l'objet d'études spéciales, comme leurs isollements par rapport aux autres lieux de travail. Précisons également que, dans une certaine mesure, une insonorisation locale, mais judicieusement conçue, d'une machine bruyante, peut apporter une amélioration appréciable des conditions de travail dans des postes relativement proches de cette machine.

Exemples de normes de bruit.

Extension de l'étude des bruits à la limitation du bruit des véhicules et à la spécification de normes dans la construction.

Deux domaines particulièrement typiques, où s'exerce la lutte contre le bruit, sont respectivement celui des bruits de

circulation et celui des bruits dans la construction.

BRUITS DE VÉHICULES.

En ce qui concerne les bruits de circulation, ils sont évidemment fonction de la nature des sols et des surfaces de roulement. On a pu apprécier, à cet égard, l'amélioration apportée à leur sonorité par la substitution des chaussées unies, macadamisées ou goudronnées, aux anciennes chaussées pavées ; il en est de même dans les chemins de fer, par la réduction du nombre des joints entre rails et la diminution de leur effet mécanique par l'allongement des rails et par leur soudure. Mais, indépendamment des voies, il y a le véhicule qui doit être aussi silencieux que possible ; ceci est vrai, essentiellement pour les véhicules routiers. A titre d'illustration, les limites, fixées officiellement en 1957 puis modifiées en 1961, sont intéressantes à rappeler, parce qu'elles sont

révélatrices des tendances de l'insonorisation et de leur évolution pratiques.

1° *Extrait du « Journal officiel » du 9-VIII-57 (bruit des véhicules).*

Le bruit mesuré à 1 m du sol doit être, par catégories, inférieure aux valeurs suivantes :

A 1 m du sol

10 m de l'axe de marche

	Vitesse d'essai	Valeurs en phones
Cyclomoteurs	30 km/H	78
Vélocycleurs	40	82
Motocyclettes et voitures particulières ..	60	85
Véhicules d'un poids total en charge 3,5 T.	60	88
Véhicules transport en commun et commerciaux d'un poids total en charge de 3,5 T.	40	95

2° *Extrait du « Journal officiel » du 6-IV-61.*

Conditions de mesure : microphone à 1 m au-dessus du sol à 7 m 50 de l'axe de marche du véhicule en vitesse stabilisée.

Nature du véhicule	Niveaux sonores maxima en dB A
Cyclomoteurs	76
Vélocycleurs et véhicules assimilés	80
Motocyclettes et motoculteurs.	86
Véhicules utilitaires d'un poids total en charge inférieur ou égal à 3,5 T	83
Voitures particulières	83
Véhicules de transport en commun	90
Véhicules utilitaires d'un poids total de charge supérieur à 3,5 T	90

L'application de ces recommandations est intimement liée à la solution du problème des silencieux des moteurs d'échappement. Elle est rendue possible par la construction de silencieux efficaces, même pour les motocyclettes dont le vrombissement trouble le calme des nuits d'été. Ils ont été expérimentés et homologués lors d'essais effectués par la Préfecture de

Police : il suffit donc de veiller à leur usage régulier.

Ajoutons que, symétriquement et par une curieuse antinomie, un problème contradictoire à celui des silencieux s'est posé, celui des avertisseurs, qui a conduit à étudier des signaux de forme et d'intensité telles, qu'ils soient effectivement perçus sans excès de gêne pour les riverains ou les usagers des voies de circulation et qu'ils soient susceptibles d'être suffisamment différenciés des bruits de route et des bruits intérieurs dans les cabines de conduite des gros camions, pour y être perçus soit directement, soit au moyen de systèmes amplificateurs microphoniques (munis de réseaux filtrants accordés sur les signaux d'avertisseurs, dont le domaine des fréquences composantes a été fixé officiellement à la suite de nombreuses études effectuées par la Commission des Projecteurs du Ministère des Travaux Publics).

PROTECTION DANS LA CONSTRUCTION.

Pour illustrer les efforts systématiquement poursuivis dans la construction, en vue de réduire les bruits, par application des méthodes classiques dont nous avons examiné les principes et d'améliorer le confort, nous citerons quelques extraits du Règlement sur la construction, qui a fait l'objet de la circulaire du 14 novembre 1958 du Ministère de la Construction et du Ministère de la Santé Publique. Voici les limites d'isolement acoustique que prescrit cette circulaire :

1. - Protection contre les bruits extérieurs en zone calme (bruit total plus petit que 65 dB).

Bande de fréquence (Hz)	100/400	400/1 600	1 600/6 400
Isolement en dB	15	20	25

2. - Protection contre les transmissions aériennes des bruits de l'immeuble, entre logements contigus latéralement ou verticalement.

Bande de fréquence (Hz)	100/400	400/1 600	1 600/6 400	Moyen
Isolement en dB	30	45	54	42

Ce mode d'analyse n'est pas impératif mais, quel qu'il soit, la moyenne de 42 dB pour des fréquences allant de 100 à 6 400 est le minima exigible.

3. - Protection contre les bruits d'impact.

Bande de fréquence (Hz)	100/400	400/1 600	1 600/6 400
Isolement en dB	74	69	65

La circulaire précise aussi que toutes dispositions doivent être prises pour éviter la transmission à distance des vibrations audibles par les structures, les parois des gaines d'air, les canalisations, les vide-ordure : « Il est possible d'insonoriser les ascenseurs, les ventilateurs, les chasses-d'eau, les robinets, les interrupteurs. On améliore beaucoup l'insonorisation des équipements en faisant reposer les canalisations, vidanges, baignoires, vide-ordures, ainsi que les appareils de chauffage, chaudière et machine des locaux professionnels sur des supports doués d'une résilience appropriée. »

Ces documents sont le signe d'une tendance certaine à promouvoir, dans tous les domaines où se développe la vie en société, des règles protectrices qui sont en même temps des moyens techniques d'information et qui ont pour objet de rendre l'existence commune plus tolérable, malgré le développement hypertrophique de la mécanisation.

Il est utile, en complément d'une étude sur les moyens généraux de protection contre les bruits, moyens qui entraînent des dépenses importantes dont certains pourraient, un peu légèrement, contester l'opportunité, de rappeler quelques effets des bruits, en même temps que certaines possibilités de défense individuelle. Cette protection vient heureusement souvent compléter les dispositions techniques appliquées pour l'insonorisation, ou, en l'absence de ces dernières, apporter un soulagement à ceux qui sont obligés de circuler ou de vivre dans des ambiances bruyantes.

EFFET DE BRUITS - PROTECTION INDIVIDUELLE

Indépendamment des troubles nerveux psychologiques, pathologiques et endocriniens qui se manifestent souvent d'une manière très directe, l'effet le plus courant des bruits est évidemment un assourdissement plus ou moins temporaire consistant en une élévation du seuil d'audition. Cette élévation ne dure normalement que peu de temps, l'oreille récupérant assez vite son acuité première. Citons, par exemple, le cas d'un sujet qui percevait normalement le tic-tac de sa montre à une distance de 2 mètres, qui, après exposition au bruit d'un moteur d'avion particulièrement sonore, n'entendait plus ce tic-tac, même en appliquant cette montre contre l'oreille et qui a pu suivre, pendant quelques heures, le rétablissement progressif de son acuité première. Mais il est probable que si cet effet, au lieu de se produire exceptionnellement, s'était répété régulièrement pendant des semaines, des mois ou des années, la récupération aurait été moins systématique et, peut-être même, la perte serait-elle devenue définitive. C'est d'ailleurs, le cas classique, historique pourrions-nous dire, de la surdité des carillonneurs, des forgerons et des artilleurs. C'est aussi, maintenant, celui des modernes machinistes et des aviateurs. Le diagramme de la figure 14 illustre, précisément, le cas d'un aviateur présentant une perte d'audition très appréciable après quelques milliers d'heures de vol, perte existant principalement dans le domaine des fréquences moyennes et élevées.

L'action des bruits ne s'exerce pas seulement sur la surdité, mais aussi sur l'état

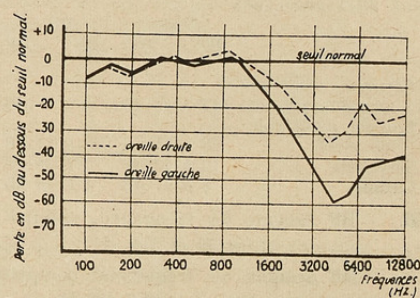


FIG. 14. — Surdité d'un aviateur : effet des bruits.

général, nous pouvons le constater sur nous-mêmes, par la fatigue que nous ressentons après avoir été exposés au bruit et l'effet bénéfique des cures de silence ; mais elle s'est révélée particulièrement nette sur la santé moyenne des opérateurs travaillant nombreux dans de grandes salles de renseignements et de mécanographie et dont le degré d'absentéisme a été notablement réduit par l'insonorisation de ces salles.

En tout état de cause, pour réduire le risque de cette terrible infirmité qu'est la surdité professionnelle, l'insonorisation des machines et des locaux reste le moyen classique et principal, mais la protection individuelle joue un effet complémentaire extrêmement utile et il est normal de la conseiller. Il existe, à l'heure actuelle, une grande variété de protecteurs d'oreilles d'origines diverses qui ont été étudiés par l'Institut National de Sécurité et le Centre National d'Etude des Télécommunications et dont l'effet se traduit par un équivalent de transmission acoustique que l'on peut mesurer : leur qualité est très variable d'un protecteur à un autre puisque, dans la gamme des nombreux appareils examinés, l'équivalent de transmission s'échelonne de 1 à 5 dB seulement pour les plus mauvais, à 25-45 dB pour les meilleurs, 4-5 correspondant naturellement aux basses fréquences, et 25-45 aux fréquences élevées. Le tableau récapitulatif donne, d'ailleurs, les résultats par catégorie, en basse fréquence et en haute fréquence, en les encadrant par les valeurs limites maximales et minimales.

Affaiblissement apporté par des Protecteurs d'oreille.

Type de Protecteurs :

	Max.		Min.	
	BF	HF	BF	HF
Bouchons (de formes déterminées)	14 à 28 dB		1 à 9 dB	
Boules modelables (de cire)	25 à 44 dB		22 à 37 dB	
Serre-tête	10 à 43 dB		3 à 16 dB	
Casques	4 à 47 dB		4 à 28 dB	

NB. — BF désigne les fréquences comprises entre 50 et 100 Hz

HF désigne les fréquences comprises entre 3 200 et 6 400 Hz.

Ce tableau fait apparaître de grandes différences entre les efficacités de ces divers systèmes. Le choix s'orientera naturellement vers les dispositifs assurant la meilleure protection, du moins, compte tenu des conditions de bruyance plus ou moins grande des lieux où travaille le personnel, comme aussi de la nécessité, où il se trouve, d'avoir à entendre et à exécuter des ordres, certains protecteurs permettant la réception d'ordres ou de conversations, puisqu'ils forment filtres ; d'autres, au contraire, les interdisant.

CONCLUSION

En conclusion de cet exposé, nécessairement limité aux grandes lignes, aux têtes de chapitre de la question des bruits et à la définition des problèmes qu'elle pose et dont chacun mériterait de longs développements, nous voudrions dégager, en quelque sorte, une philosophie pratique : la philosophie ne commande-t-elle pas « la sagesse » et... l'amélioration des ambiances sonores ? ; n'est-elle pas une indication de notre modération et de notre pondération ? Or ce sont des termes qui ne s'excluent pas. Ainsi pouvons-nous conclure que, si l'action des techniciens avertis et spécialisés s'exerce avec prudence, continuité et efficacité progressive, elle rendra possible celle, souvent réticente, du législateur qui craint les conséquences des lois insuffisamment fondées sur le plan scientifique ou difficilement applicables, pratiquement et administrativement. Il ne faut pas oublier aussi qu'elle s'appuie maintenant — et de plus en plus — sur l'opinion, la réaction d'autodéfense des « masses », qui, naturellement bruyantes ou exubérantes, veulent, par contre, être aussi protégées, éclairées.

Bien d'autres aspects de cette question des bruits pourraient être évoqués, étudiés, approfondis. Leur rappel, forcément sommaire, a tenté d'en classer quelques caractères principaux : purement métrologiques d'une part, physiologiques, psychologiques et sociaux d'autre part, mais sans insister sur des manifestations pathologiques aujourd'hui malheureusement trop connues.

Cette revue schématique des problèmes que pose le bruit tendait à préciser les divers aspects classiques que lui reconnaissent les spécialistes. Elle montre que, si une solution définitive, universelle ne leur a pas été trouvée, du moins, nos connaissances ont systématiquement, rationnellement progressé : dans le domaine théorique comme dans les applications ou prolongements pratiques. Son étude a été analytiquement orientée vers les trois domaines de la nuisance, de la transmission et de l'extinction.

Ces études ne peuvent manquer de se développer favorablement et d'aboutir aux conclusions techniques, pratiques, morales et sociales, nécessaires. L'essentiel était que l'impulsion ait été donnée « ab initio » : des corps de savants ou de techniciens particulièrement compétents ont été formés, nationalement et internationalement, qui ont défini les causes, les intensités, les nuisances du bruit et les limites qu'il serait prudent et possible de lui fixer.

En France, des Commissions, ou Groupes de Travail, ont été créés dans le cadre du Ministère de la Santé Publique, du Ministère des Travaux Publics ; enfin, plus récemment, la Commission Nationale du Bruit qui relève du Ministère de l'Intérieur. Sur le plan privé, les efforts réglementaires de ces divers Comités sont soutenus, ou promus, par des Groupements auxquels leur importance numérique et agissante confère une autorité qui leur assure une audience dans les milieux dirigeants. En France, la Ligue Nationale contre le Bruit groupe ainsi ceux qui, pour des motifs divers, désirent la réduction de tout ce qui porte atteinte à la tranquillité, à la quiétude, au silence dans notre vie et puisent dans leur union une autorité qui, seule, leur donne une audience efficace auprès des pouvoirs publics ou des autorités responsables.

Des mouvements similaires ont pris nais-

sance dans d'autres pays : nous n'en citons pour preuve que la session tenue à Rome, en décembre 1960, sous la dénomination de « Congrès des Nations pour la Lutte contre le Bruit » et que les plus Hautes Autorités de la République Italienne avaient honorée de leur patronage. Comme le thème de ce congrès était plus général et concernait tout ce qui est nuisible à la santé des travailleurs, il avait pris pour sigle le mot NANS (Nations Against Noises and Smog).

Pratiquement, est envisagée la constitution de corps spécialisés d'acousticiens agréés, chargés d'enquêter sur la nuisance des bruits et soumis à une formation technique adaptée, leur permettant de mener systématiquement les enquêtes pour lesquelles ils sont mandatés. C'est un progrès essentiel dans la voie de contrôle et de la limitation des bruits.

D'un point de vue plus théorique et officiel, certains des multiples aspects des questions relatives au bruit sont traitées internationalement par des Commissions spécialisées et la Commission Electrotechnique Internationale (C.E.I.) et de l'Organisation Internationale de Normalisation (I.S.O.). Elles définissent les unités, les moyens et les appareils de mesure comme aussi les limites qu'il paraît désirable, raisonnable ou possible de fixer. Les normes qui en résultent ou qui sont établies seront ensuite codifiées dans chaque pays, dans chaque domaine technique, en tenant compte des principes scientifiques généraux dont le présent exposé avait pour objet de rappeler et de définir les fondements et quelques possibilités d'application. Possibilités dont les techniciens, les médecins, les législateurs devraient être informés et pénétrés, car, de leur coopération raisonnée, étroite et confiante, peut seul naître l'état de mieux-être dans une calme ambiance à laquelle nous aspirons tous et dont l'évocation n'est plus seulement chimérique.

Il a été fait appel pour la présentation des données contenues dans cet article à un certain nombre de documents extraits du Manuel « Bruits et Vibrations », édité par l'I.N.S. (chapitre I, par P. Chavasse, en collaboration avec MM. Saulnier et Nicklès).

Le Président de la Société, Directeur-Gérant : J. LECOMTE.

D.P. n° 1080

Imprimé en France à l'IMPRIMERIE DE PERSAN-BEAUMONT, Persan (S.-et-O.)

Le CENTRE de DOCUMENTATION du CENTRE NATIONAL de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, quai Anatole-France, PARIS-VII^e - Tél. : SOLférino 93-39 +

Le Centre de Documentation du C.N.R.S. publie mensuellement un « BULLETIN SIGNALÉTIQUE » en plusieurs fascicules dans lesquels figurent sous la forme de courts extraits classés par matières, tous les travaux scientifiques et techniques publiés dans le monde entier.

Quatre fascicules d'entre eux sont consacrés à la Philosophie et aux Sciences Humaines et paraissent trimestriellement.

Cette revue bibliographique, l'une des plus importantes du monde signale, chaque année, 250.000 articles et mémoires. On trouvera ci-dessous le détail de ces fascicules.

Le Centre de Documentation du C.N.R.S. fournit également la reproduction sur MICROFILM ou sur PAPIER des articles analysés dans le « BULLETIN SIGNALÉTIQUE » ou des articles dont la référence bibliographique précise lui est fournie.

Expérimentateurs, Ingénieurs et Techniciens peuvent ainsi bénéficier, sans quitter leur laboratoire ou leur bureau, d'une documentation abondante et rapide.

TARIF DES ABONNEMENTS AU BULLETIN SIGNALÉTIQUE

Année 1961

FASCICULES		PRIX	
		France	Etranger
MENSUELS	1. MATHÉMATIQUES	30 NF	35 NF
	2. ASTRONOMIE, ASTROPHYSIQUE, PHYSIQUE DU GLOBE	40 -	45 -
	3. PHYSIQUE I. Généralités. Physique mathématique. Mécanique. Acoustique. Optique. Chaleur. Thermodynamique	50 -	55 -
	4. PHYSIQUE II. Electricité	40 -	45 -
	5. PHYSIQUE NUCLÉAIRE. Noyaux. Particules. Energie atomique	40 -	45 -
	6. STRUCTURE DE LA MATIÈRE. Cristallographie. Solides. Fluides. Atomes. Ions. Molécules	40 -	45 -
	7. CHIMIE I. Chimie générale. Chimie physique, Chimie minérale. Chimie analytique. Chimie organique	100 -	105 -
	8. CHIMIE II. Chimie appliquée. Métallurgie	80 -	85 -
	9. SCIENCES DE L'INGÉNIEUR	60 -	65 -
	10. SCIENCES DE LA TERRE I. Minéralogie. Géochimie. Pétrographie	25 -	30 -
	11. SCIENCES DE LA TERRE II. Physique du Globe. Géologie. Paléontologie.	40 -	45 -
	12. BIOPHYSIQUE. BIOCHIMIE. Chimie analytique biologique	40 -	45 -
	13. SCIENCES PHARMACOLOGIQUES, TOXICOLOGIE	40 -	45 -
	14. MICROBIOLOGIE. VIRUS. BACTÉRIOPHAGES. IMMUNOLOGIE. GÉNÉTIQUE	40 -	45 -
	15. PATHOLOGIE GÉNÉRALE ET EXPÉRIMENTALE	60 -	65 -
	16. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	100 -	105 -
	17. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES	50 -	55 -
	18. SCIENCES AGRICOLES. ZOOTECHNIE. PHYTIATRIE ET PHYTOPHARMACIE. ALIMENTS ET INDUSTRIES ALIMENTAIRES	60 -	65 -
TRIMESTRIELS	19. PHILOSOPHIE. SCIENCES HUMAINES. Philosophie. Sciences religieuses. Archéologie et Histoire de l'Art. Psychologie. Pédagogie. Sociologie. Sciences du Langage. Histoire des Sciences et des Techniques	80 -	85 -
	20. PSYCHOLOGIE. PÉDAGOGIE (1)	30 -	35 -
	21. SOCIOLOGIE ET SCIENCES DU LANGAGE (1)	30 -	35 -
	22. HISTOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES (1)	20 -	25 -
	Abonnement pour les fascicules groupés 1 à 11	250 -	290 -
	Abonnement pour les fascicules groupés 12 à 18	250 -	290 -

- Dans ces prix sont compris les index « auteurs » et « matières » correspondant à chacune des rubriques.
- Une réduction de 25 % sera accordée sur le montant des abonnements à 2 fascicules et plus.
- La même remise sera consentie aux abonnés qui désirent plusieurs exemplaires d'un même fascicule.
- Une remise de 50 % sur le tarif des abonnements est accordée aux personnels du C.N.R.S. et des Etablissements universitaires français. Pour en bénéficier, les abonnés doivent adresser leur commande directement à nos bureaux. Cependant cette réduction ne peut être cumulée avec la remise de 25 % indiquée ci-dessus.
- Lorsqu'il s'agit d'un abonnement réglé par un Laboratoire ou un Institut, la commande doit être accompagnée d'un bon de commande de l'établissement.

(1) Les fascicules spécialisés, numérotés 20-21-22, sont regroupés dans le fascicule 19.

PRODUITS CHIMIQUES

pour
**INDUSTRIE
PHARMACIE
PARFUMERIE
AGRICULTURE**

MATIÈRES PLASTIQUES

"RHODOÏD" Acétate de Cellulose

"RHODOPAS" Résines vinyliques

"RHODORSIL" Silicones

"RHODESTER" Résines polyesters

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

"ALAMASKS" Agents neutralisants des mauvaises odeurs

PIGMENTS MINÉRAUX pour matières plastiques



DIV. 121

SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

**RHÔNE
POULENC**

21, RUE JEAN-GOUJON, PARIS VIII^e - TÉLÉPHONE BAL. 22-94

CAT 2

**SOCIÉTÉ CHIMIQUE
DE
LA GRANDE PAROISSE**
AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 13.997.000 NF
8 RUE COGNACQ - JAY - PARIS 7^e - TEL. INV 44-30

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTES

ENGINEERING - CONSTRUCTION D'USINES

HYDROGENE

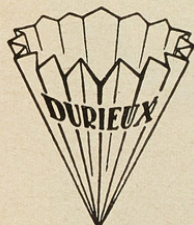
GAZ de VILLE - GAZ de SYNTHÈSE

AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTES

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52X52

SPECIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

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

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

Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER "CRÊPÉ DURIEUX"

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

Registre du Comm. de la Seine N° 722.521-2-3

Téléphone : ARChives 03-51

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

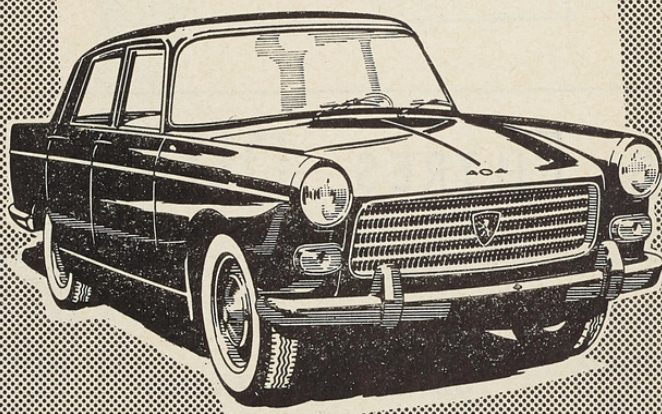
20, rue Malher. PARIS (4^e)

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





**LA QUALITÉ QU'ON
NE DISCUTE PAS**



PEUGEOT

LA PUBLICITÉ FRANÇAISE 0.142

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

ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN

SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DU GÉNÉRAL-FOY - PARIS (8°)
TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00
ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

E N T R E P R I S E S
BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS - 17°
ALGER - CASABLANCA

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

TRAVAUX PUBLICS
BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIT
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

**machines à écrire
machines comptables
duplicateurs
photocopie**

0000000000

A toute entreprise qui modernise
son équipement mécanographique

JAPY

offre la solution rationnelle et
économique.

Des spécialistes sélectionnés et for-
més par JAPY assurent l'entretien
des machines dans le monde entier.
Société de Mécanographie JAPY
6, rue de Marignan - PARIS 8^e -
BAL. 44-94

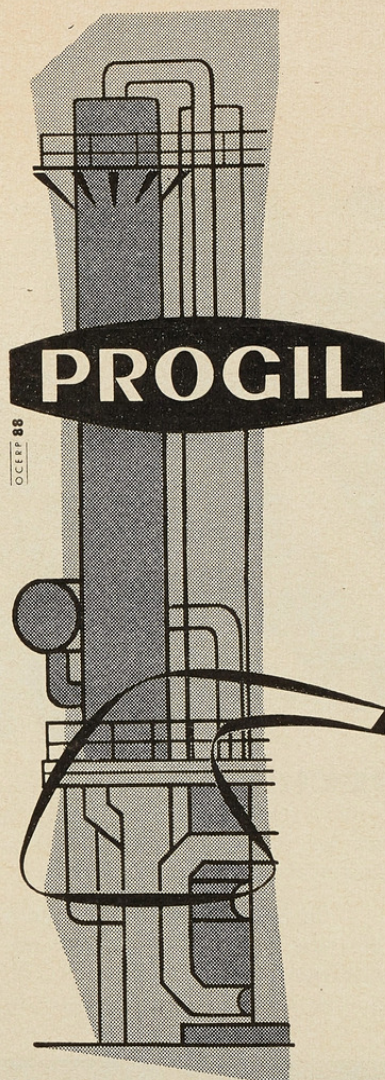
**APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES**

P. CHEVENARD

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

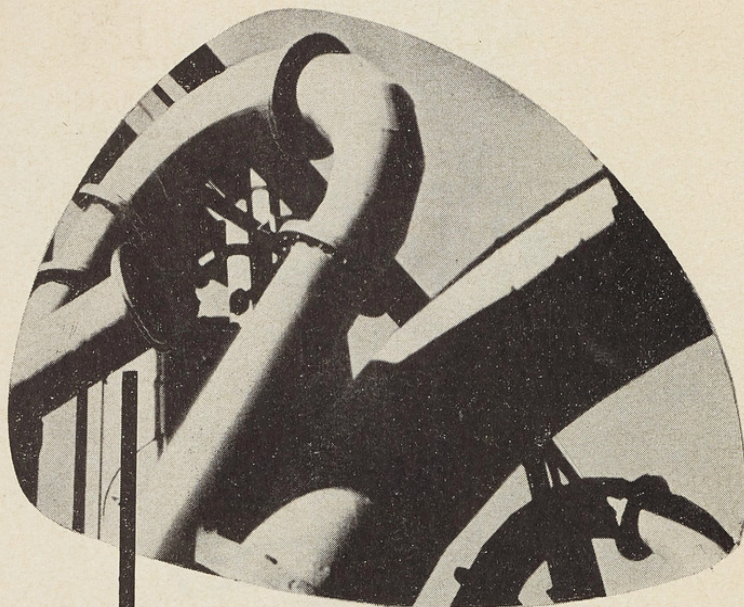


A. D. A. M. E. L.
4-6, Passage Louis-Philippe
PARIS (11^e)



Produits
chimiques
industriels

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



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

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

PECHINEY

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 423 304 600 NF

23, RUE BALZAC - PARIS 8° - CARnot 54-72

LEONARDO

ÉTABLISSEMENTS
KUHLMANN

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 187 477 800 NF
Siège Social : **25, Boul. de l'Amiral-Bruix, PARIS (16^e)**



PRODUITS CHIMIQUES

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



PRODUITS POUR L'AGRICULTURE

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



PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES

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



TEXTILES CHIMIQUES

RAYONNE VISCOSE - FIBRANNE VISCOSE - CRINODOZ

