

LE LABORATOIRE D'ESSAIS

DES SERVICES DES APPROVISIONNEMENTS DE

LA RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS



**LE LABORATOIRE D'ESSAIS DES
SERVICES DES APPROVISIONNEMENTS DE LA
RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS**

SOMMAIRE

1. — Mission de base du laboratoire.....	3
2. — Autres activités.....	4
CHAPITRE I. — Appareils pour essais ou mesures de caractéristiques mécaniques.....	5
CHAPITRE II. — Appareils pour essais ou mesures de caractéristiques physico-chimiques	11
CHAPITRE III. — Appareils ou installations pour essais ou mesures de caractéristiques électriques.....	15
CHAPITRE IV. — Appareils de contrôle non destructif.....	17
Quelques résultats	19

LE LABORATOIRE D'ESSAIS

DES SERVICES DES APPROVISIONNEMENTS

DE LA RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS

par M. MENDOUSSE, *Inspecteur principal*
au Service du Contrôle et du Laboratoire

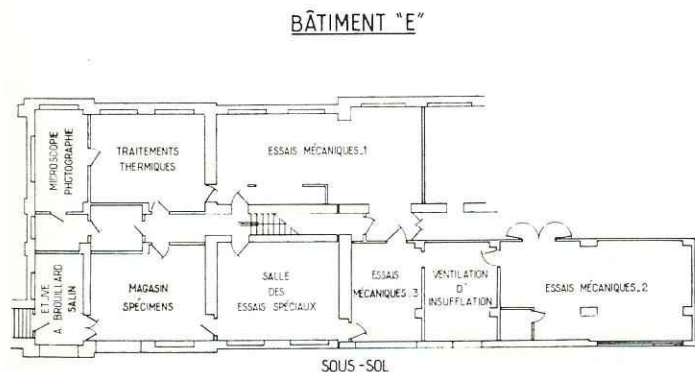
Le Service du Contrôle et du Laboratoire a pour mission essentielle d'assurer le contrôle qualitatif des fournitures de tous genres que doit se procurer la Régie, tant pour les besoins de son exploitation que pour des opérations de premier établissement.

1° MISSION DE BASE DU LABORATOIRE

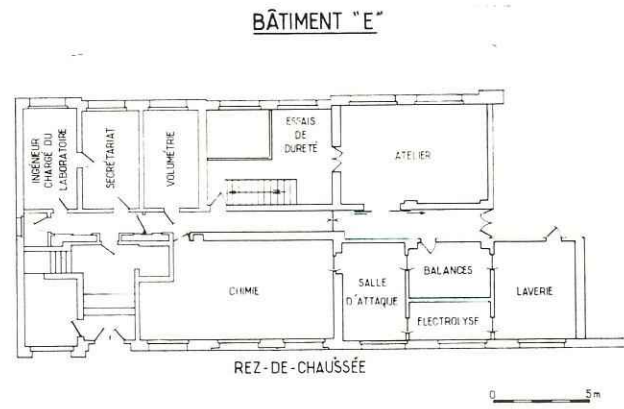
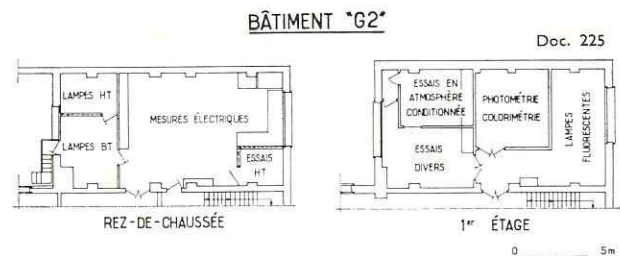
De manière générale, dans le processus courant d'approvisionnement, l'examen de qualité que subit une fourniture déterminée comporte deux phases essentielles :

- en premier lieu, la vérification des caractéristiques géométriques (dimensions, aspect, état de surface) : celle-ci, assurée dans les ateliers de vérification répartis dans les différents magasins de la Régie, intéresse pratiquement tous les produits approvisionnés;
- la deuxième phase de cet examen ne concerne généralement que les fournitures commandées avec référence à des spécifications techniques, des normes françaises ou des plans prescrivant des modalités d'essai, des valeurs de certaines caractéristiques (physiques, mécaniques, chimiques, élec-

triques). La vérification de la conformité à ces prescriptions est confiée au Laboratoire; toutefois, pour certaines fournitures soumises à des recettes en usine, cette investigation qualitative est réalisée, en partie ou totalement, sur les lieux mêmes de fabrication.



Doc. 226



Doc. 227

Fig. 1. — Plans du laboratoire d'essais.

Les matériaux et les produits soumis à l'examen du Laboratoire sont extrêmement divers; l'énumération ci-après, bien que non exhaustive, en donne un aperçu :

- métaux ferreux et non ferreux sous toutes leurs formes : demi - produits, pièces brutes, pièces finies;
- lubrifiants, combustibles (carburants, charbons);
- peintures, vernis, décapants, produits d'entretien, solvants;
- élastomères, matières plastiques;
- tissus, texoïds, papiers, cartonnettes;
- revêtements de protection (nickelage, cadmiage, etc.);
- lampes (à incandescence, fluorescentes), fusibles;
- garnitures de frein, galets pour escaliers mécaniques, charges pour extincteurs, etc.

Pour remplir cette mission de base, le Laboratoire est doté d'un équipement de qualité en instruments et appareils d'essais, offrant, dans des domaines techniques très différents, des gammes de mesure aussi étendues que possible. Son équipement est en évolution constante pour répondre, d'une part, aux nécessités de contrôle des matériaux nouveaux et pour s'accorder, d'autre part, aux méthodes d'essais modernes qui se caractérisent en général par une plus grande rapidité d'exécution des essais en même temps qu'une précision accrue dans leurs résultats.

A la diversité des travaux qui lui sont confiés s'ajoute également la sujétion de formuler, dans les moindres délais, des jugements de valeur sur les lots de fournitures présentées en recette, afin de ne pas retarder leur mise à disposition auprès des services utilisateurs et de contribuer ainsi à la politique de maintien des stocks au niveau le plus réduit possible.

Il a été tenu compte, dans l'organisation générale du Laboratoire, de ces différents impératifs; un planning mural permet de suivre l'état d'avancement des travaux et de répartir au mieux les tâches entre les différentes sections du Laboratoire :

- section des essais mécaniques et métallurgiques;
- section des essais physico-chimiques;
- section des essais électriques et des essais divers.

L'exposé ci-après est consacré à la présentation des principaux appareils ou équipements; c'est ainsi que sont successivement décrits :

- les appareils pour essais ou mesures de caractéristiques mécaniques;
- les appareils pour essais ou mesures de caractéristiques physico-chimiques;
- les appareils ou installations pour essais ou mesures de caractéristiques électriques;
- les appareils de contrôle non destructif.

2° AUTRES ACTIVITÉS

En raison des nombreux moyens d'investigation dont il dispose, le Laboratoire ne se limite pas à la seule fonction de contrôle mais est en mesure d'assurer une assistance technique aux services de la Régie, lorsque ceux-ci le sollicitent pour la solution des problèmes nécessitant des recherches expérimentales ou des examens particuliers.

Il en est ainsi par exemple :

- du contrôle des traitements thermiques réalisés par l'Atelier central;
- de la recherche des revêtements de protection contre la corrosion donnant les résultats les plus efficaces;
- de l'étude récente concernant l'espacement des vidanges d'huile moteur sur les véhicules du réseau routier.

Dans le domaine de l'approvisionnement, le Laboratoire intervient même avant la passation des commandes, d'abord pour rechercher et fixer la qualité à requérir d'un produit destiné à un usage bien déterminé, puis, pour définir, d'une manière très précise, les conditions techniques à mentionner dans le libellé de commande.

De même, lorsque des spécimens sont présentés par différents fournisseurs à l'occasion d'un appel d'offres, il procède à leur examen comparatif et établit un classement de valeur permettant l'attribution du marché à l'offre la plus avantageuse.

Son action s'exerce aussi sur les pièces ou les produits ayant déjà été utilisés en exploitation; citons-en quelques exemples :

- lorsque les véhicules du réseau routier passent en révision générale, certaines pièces (vilebrequins, arbres de roues) sont envoyées systématiquement au Laboratoire pour examen. L'appareil de contrôle magnétique qui sert à cet examen permet de détecter les criques superficielles et d'éviter ainsi le remontage de pièces défectueuses;
- les pièces réformées n'ayant pas rendu les services attendus (usure prématurée, rupture) lui sont soumises en vue de déterminer l'origine des anomalies constatées : défaut d'élaboration ou d'usinage, défaut de forme ou de construction, fatigue excessive;
- le Laboratoire est sollicité aussi à l'occasion d'enquêtes relatives à des accidents ou incidents matériels; il est chargé également de la détection de certaines fraudes, en particulier sur les titres de transport.

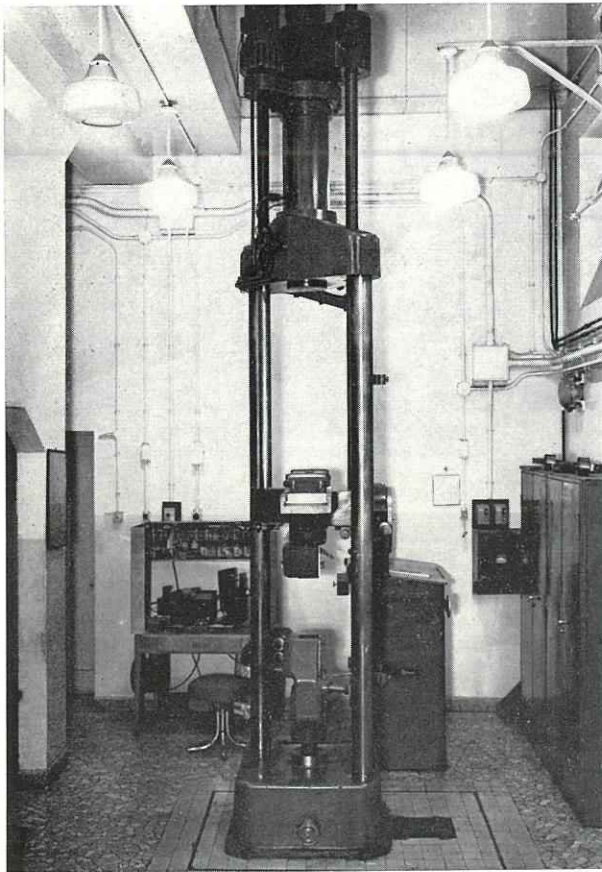
Mention doit enfin être faite de sa participation aux travaux de normalisation de l'AFNOR ou d'organismes similaires. Cette contribution à l'élaboration des nouvelles méthodes d'essai lui facilite le choix des tests à introduire dans les spécifications techniques dont la rédaction lui incombe.

CHAPITRE I

APPAREILS POUR ESSAIS OU MESURES DE CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

1° APPAREILS POUR ESSAIS DE TRACTION FLEXION, COMPRESSION, CISAILLEMENT, MESURES DE DURETÉ, ESSAIS DE RÉSILIENCE, MESURES DE COUPLES DE TORSION, etc.

Ces appareils sont généralement installés dans les locaux de la section des essais mécaniques et métallurgiques; cependant, certains d'entre eux sont également affectés à la section des essais électriques et des essais divers, pour les épreuves sur textiles, papiers, caoutchoucs, matières plastiques.

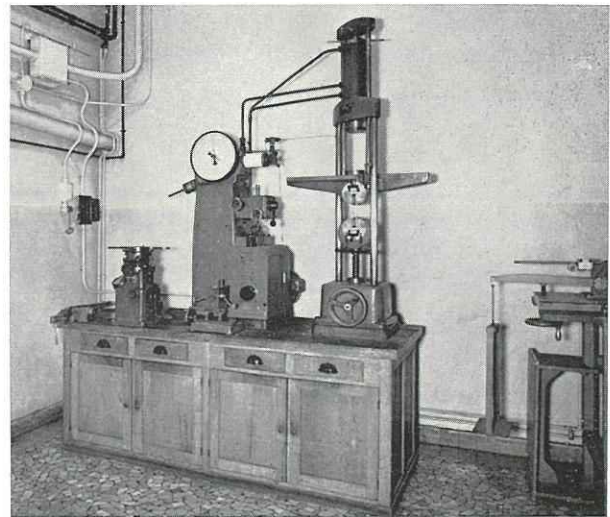


56 434

Fig. 2. — Machine de traction de 588 kN.

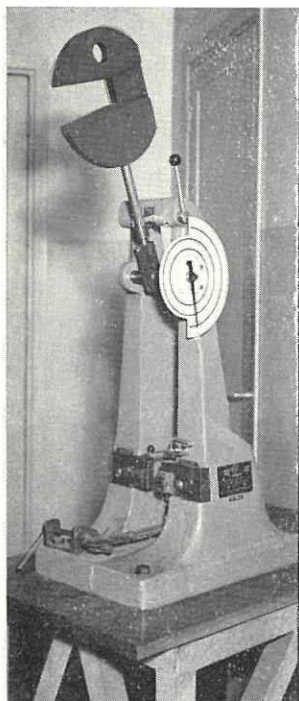
Pour les essais nécessitant l'application d'une contrainte uniaxiale (traction, compression, flexion), le Laboratoire dispose d'une gamme étendue d'appareillages :

- une machine de traction de 588 kN à plusieurs sensibilités (14,7 - 29,4 - 58,8 - 147 - 294 - 588 kN). Outre les essais normalisés sur éprouvettes métalliques découpées dans les pièces ou les échantillons adressés au Laboratoire, des essais sur pièces elles-mêmes peuvent être effectués à l'aide de montages appropriés (ressorts de suspension d'autobus, isolateurs, chaînes d'escaliers mécaniques, câbles métalliques);
- une machine de traction de 49 kN (sensibilités : 2,45 - 4,9 - 9,8 - 24,5 - 49 kN) pour les essais de traction, compression, flexion. Un appareillage particulier a été conçu pour les essais de cisaillement ou de flexion statique sur fontes. Des mesures de dureté à la bille (méthodes Brinell ou Rockwell) peuvent éventuellement être effectuées entre les deux plateaux exerçant l'effort de compression ;
- un dynamomètre de 490 daN pour les essais de chaînes de sûreté;
- un dynamomètre de 294 daN pour les essais de traction sur textiles, caoutchoucs, matières plastiques, papiers, ficelles;

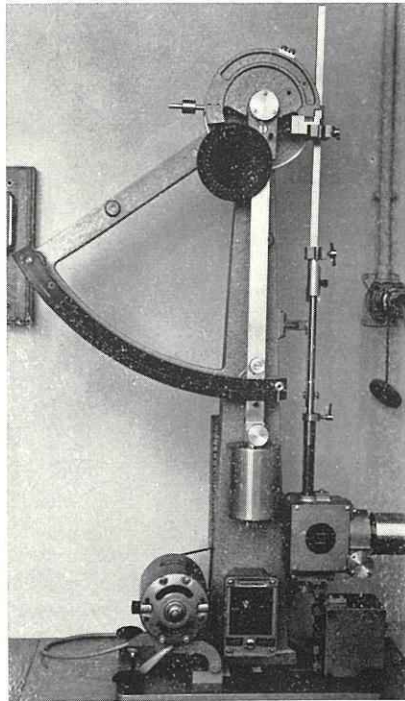


56 433

Fig. 3. — Machine de traction de 49 kN.



39 855

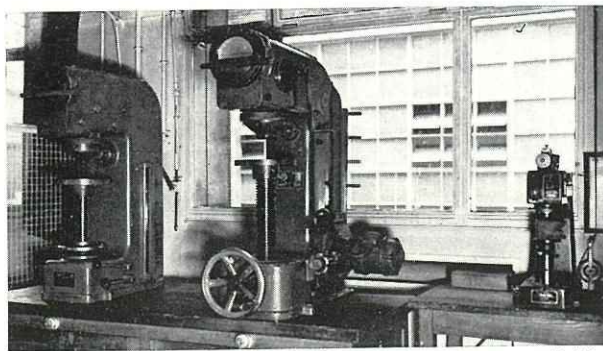


46 966

Fig. 4. — Mouton-pendule de 4,9 daJ. Fig. 5. — Dynamomètre de 29,4 daN.

- un dynamomètre de 245 daN (sensibilités : 49 - 122,5 - 245 daN) pour les essais en traction ou en compression des ressorts en hélice (ressorts de soupape, d'embrayage); une règle graduée fixée à l'une des mâchoires d'amarrage permet la lecture directe de la longueur du ressort sous charge. Les essais de flexion sur les balais de moteurs de traction sont réalisés avec cet appareil;
- un dynamomètre de 29,4 daN pour les essais de traction sur papiers ou cartonnettes.

Les essais de dureté suivant méthodes normalisées (Brinell, Vickers, Rockwell) sont effectués à l'aide de



56 442

Fig. 6. — Machines d'essais de dureté.

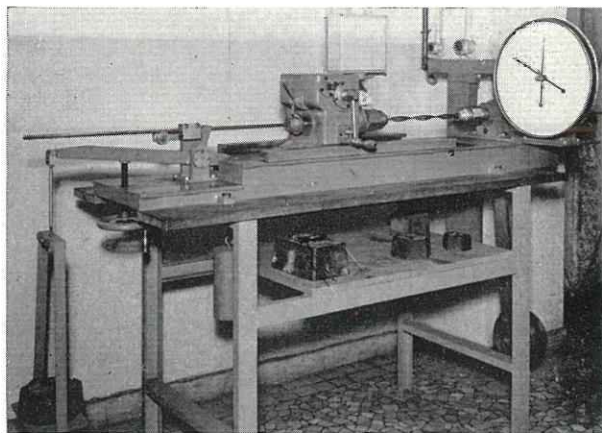
trois machines spécialisées à cet effet. Il y a lieu de signaler, en outre, un appareil pour les mesures de dureté Rockwell dans les alésages.

Pour les essais de flexion par choc qui sont destinés à chiffrer la tendance de certains métaux à se rompre par fragilité (essais de résilience), le Laboratoire dispose grâce à différents mouton-pendule, de plusieurs plages d'énergie de rupture :

- un appareil de 29,4 daJ pour les essais sur éprouvettes métalliques (UF, Mesnager, Charpy);
- un appareil de 4,9 daJ pour les essais sur éprouvettes métalliques à faible résilience (à basse température notamment);
- un appareil de 0,245 - 0,49 daJ et un de 0,049 daJ pour les essais sur matières plastiques.

A signaler aussi le pendule Dynstat pour les essais de résilience et de flexion sur éprouvettes de 15 x 10 mm découpées dans des pièces en matières therm durcissables.

Les mesures de couple de torsion (fils métalliques, ressorts en hélice, ressorts en spirale) sont réalisées sur un banc d'essai muni d'un dynamomètre pendule à deux sensibilités (29,4 et 117 m.N).



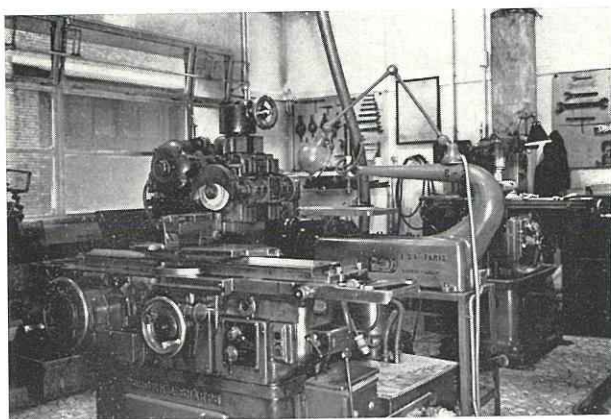
39 846

Fig. 7. — Banc d'essais de torsion.

Les essais mécaniques effectués sur éprouvettes métalliques nécessitent généralement des opérations préliminaires :

- préparation des éprouvettes (découpage dans les pièces, usinage);
- traitements thermiques suivant les conditions d'essai imposées.

A cette fin, le Laboratoire dispose, pour le premier stade préparatoire, d'un atelier où sont groupées des machines-outils classiques : tour, rectifieuse, fraiseuse, perceuse, scie, tronçonneuse à froid. Il est également procédé dans cet atelier aux prélèvements pour analyses chimiques.



56 438

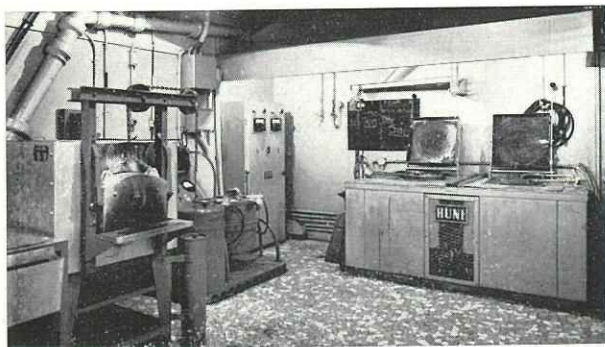
Fig. 8. — Atelier des machines-outils.

Les traitements thermiques sont effectués dans des fours présentant les caractéristiques suivantes :

- four électrique à sole de 7 kW, muni d'un régulateur automatique de température et d'un transmetteur de programme de chauffage et de refroidissement; la température maximale peut atteindre 1 000 °C;
- four électrique à bain de sel à électrodes plongeantes pour les traitements de 750 °C à 1 350 °C;
- four électrique à deux bains de sel d'une puissance totale de 30 kW, utilisé pour les traitements jusqu'à 950 °C; chaque bain est pourvu d'un double système de régulation automatique de température.

Ces fours peuvent permettre également les mises au point ou les recherches de traitements thermiques sur de nouvelles nuances d'acier.

L'étude des variations de texture sous l'influence des traitements thermiques est effectuée à l'aide d'un

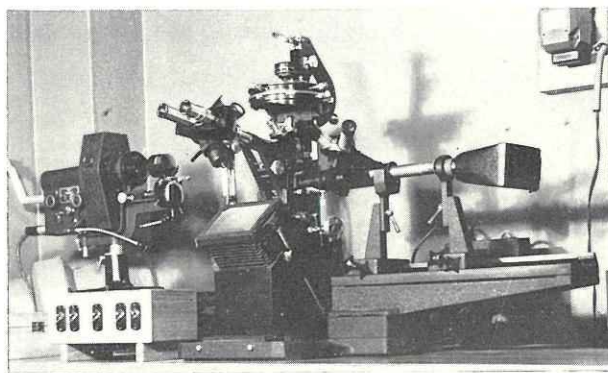


56 432

Fig. 9. — Salle des fours de traitement thermique.

microscope universel Reichert, à grand pouvoir séparateur et plusieurs possibilités d'observation : éclairage par transparence ou par réflexion, examens en fond clair, en fond noir, en éclairage rasant, en contraste de phase, en lumière polarisée. L'appareil est équipé d'un microduromètre pour les mesures cristallographiques de dureté.

Les échantillons métallographiques subissent avant tout examen un polissage mécanique ou électrolytique.

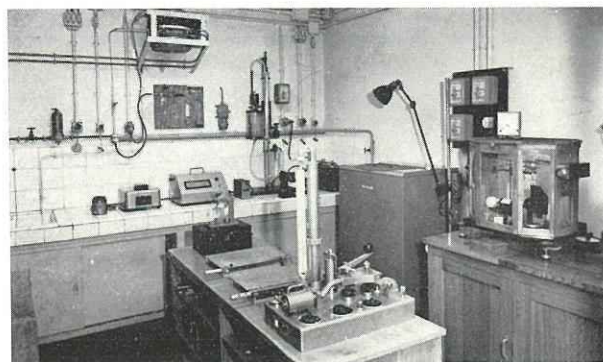


55 427

Fig. 10. — Microscope universel Reichert.

Enfin, pour terminer cet exposé, mention doit être faite des appareils destinés aux essais des papiers et cartonnages, qui, par la nature même des mesures à effectuer, sont très spécialisés : éclatomètre, déchirromètre, pliagraphe, flexiomètre.

Ces appareils sont installés dans une salle à atmosphère conditionnée : température 20 ± 1 °C, humidité relative 65 ± 2 %.



46 964

Fig. 11. — Salle d'essais en atmosphère conditionnée.

2° APPAREILS POUR MESURES DE CARACTÉRISTIQUES D'USAGE

Ces appareils permettent d'apprécier la durée d'usage de matériaux soumis en service à des efforts de frottement. Les réalisations les plus importantes concernent essentiellement :

- la machine pour essai des garnitures de frein, des garnitures d'embrayage et des lubrifiants;
- la machine d'usure à disque;
- la machine d'usure à mouvements alternatifs.

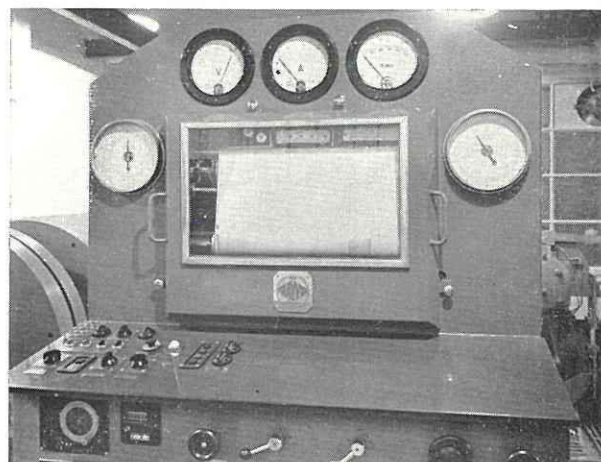
Machine pour essai des garnitures de frein, des garnitures d'embrayage et des lubrifiants.

Cette machine est destinée à effectuer principalement :

- des essais de garnitures de frein (banc d'essai n° 1);
- des essais de garnitures d'embrayage (banc d'essai n° 2);
- des essais de lubrifiants (graisses à roulements, huiles pour boîtes d'essieux) (banc d'essai n° 3).

Un exemple marquant du caractère polyvalent de l'équipement du Laboratoire est fourni par ces bancs d'essai, conçus dans l'esprit de suivre le plus rapidement possible l'évolution des techniques. C'est ainsi que le banc d'essai n° 1 pourra éventuellement être modifié en vue d'essais sur garnitures de frein à disques; des essais d'usure en frottement continu sont également envisagés sur le banc d'essai n° 2.

Les conditions d'utilisation des matériaux à éprouver sont reproduites le plus fidèlement possible. C'est ainsi notamment que, sur le banc d'essai des garnitures de frein, une combinaison de volants permet d'obtenir des énergies cinétiques proportionnelles à celles des véhicules en charge ou à vide; les conditions



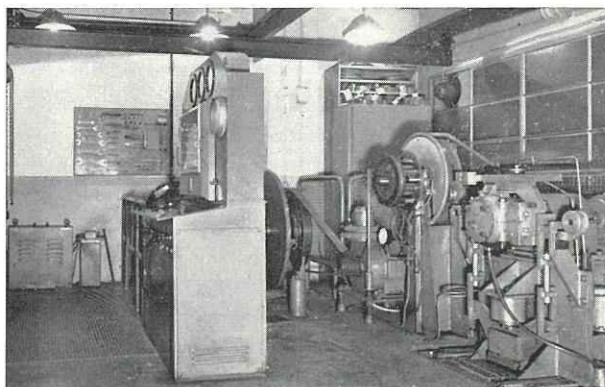
33 102

Fig. 13. — Machine d'essai des garnitures de frein, des garnitures d'embrayage et des lubrifiants : partie supérieure du pupitre de commande.

de marche d'un autobus, entre 10 et 75 km/h, peuvent être reproduites sans solution de continuité : la pression sur les garnitures de frein est également réglable et permet d'obtenir des arrêts allant du simple ralentissement au coup de frein brutal.

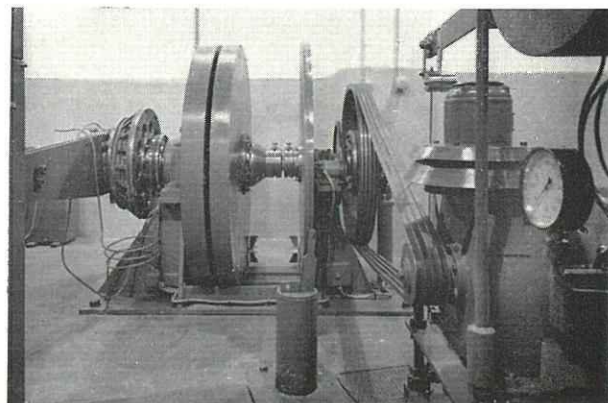
Sur le banc d'essai des lubrifiants, la boîte d'essieu SKF à l'intérieur de laquelle sont essayées les graisses peut recevoir une charge réglable de 1 à 10 tonnes; on peut, par exemple, soit se mettre dans les conditions de charge d'une boîte d'essieu moteur ou d'essieu porteur de matériel ferroviaire, soit reproduire les conditions de travail des roulements de paliers d'induit de moteurs de traction.

Au cours des essais, les différents paramètres (couples de frottement, températures, vitesses) sont mesurés et la variation de leurs valeurs en fonction du temps s'inscrit sur la bande d'un appareil enregist-



56 428

Fig. 12. — Vue générale de la machine d'essai des garnitures de frein, des garnitures d'embrayage et des lubrifiants.



33 090

Fig. 14. — Banc d'essai des garnitures de frein : à gauche, le tambour de frein.

treur disposé sur la face antérieure du pupitre de commande.

Ces trois bancs d'essai, en construction soudée, sont entraînés par un même moteur, mais ne peuvent fonctionner simultanément.

Le moteur d'entraînement est du type à courant continu avec excitation séparée et peut tourner dans les deux sens. Son alimentation, la régulation de sa vitesse sont assurées par l'intermédiaire de thyristors redresseurs.



33 108

Fig. 15. — Machine d'essai des garnitures de frein, des garnitures d'embrayage et des lubrifiants : équipement électronique de commande du moteur.

a) Banc d'essai des garnitures de frein.

Les garnitures à essayer, au nombre de deux, sont rivées sur des segments de frein et absorbent par frottement sur un tambour de frein l'énergie cinétique emmagasinée par les volants montés sur l'arbre principal entre les deux paliers.

Par combinaison de ces volants, il est possible d'obtenir plusieurs valeurs d'énergie cinétique pour une même vitesse de rotation, telles que, par exemple, celles ci-après correspondant à la vitesse de 265 tours/mn :

59,7 kJ - 84,3 kJ - 108,8 kJ - 133,3 kJ.

Les segments, fixés sur un support monté fou sur l'arbre, sont commandés par pression d'huile réglable de 0 à 68,6 bars. A chaque coup de frein, un levier solidaire de ce support transmet au dynamomètre disposé sur le pupitre de commande le couple de frottement entre les garnitures et le tambour.

La poulie d'entraînement est solidaire d'un embrayage électromécanique qui assure le maintien ou la suppression de l'effort moteur sur l'arbre.

La vitesse de rotation du tambour peut varier de 50 à 400 tours/mn; sa mesure est effectuée au moyen d'une magnéto tachymétrique installée sur le banc.

Des tambours de 420 à 600 mm de diamètre intérieur peuvent être montés sur l'arbre; la largeur des garnitures ne peut excéder 50 mm.

Les températures des garnitures et du tambour sont mesurées à l'aide de couples thermo-électriques fer-constantan reliés à l'indicateur-enregistreur du pupitre de commande.

Un chronorelais permet d'obtenir, sans intervention de l'opérateur, la marche cyclique ci-après :

- lancement des volants pendant un temps réglable entre 5 s et 3 mn 30 s, sans toutefois dépasser la vitesse fixée à l'avance (une fois cette vitesse atteinte, le moteur continue de tourner à une vitesse constante jusqu'à la fin de la temporisation);
- suppression de l'effort moteur sur l'arbre du banc par coupure du courant alimentant l'embrayage électromécanique et commande simultanée du freinage; pendant ce temps, le moteur est freiné sur résistance;
- dès l'arrêt, la pression de freinage est annulée; l'embrayage électromécanique, puis le moteur sont de nouveau alimentés pour le lancement des volants.

b) Banc d'essai des garnitures d'embrayage.

Les garnitures à essayer sont rivées sur chacune des faces d'un disque dont le moyeu cannelé coulisse sur l'extrémité de l'arbre principal. Un volant, monté sur cet arbre, est entraîné à une vitesse pouvant varier entre 200 et 1 300 tours/mn par l'intermédiaire d'une poulie montée folle sur l'arbre et rendue solidaire de celui-ci par un embrayage électromécanique.

Au moment de l'embrayage, les garnitures sont serrées entre deux pistes en fonte qui absorbent par frottement l'énergie cinétique emmagasinée par le volant. Ces pistes sont elles-mêmes solidaires d'un levier qui transmet au dynamomètre fixé sur le pupitre de commande le couple de frottement entre les garnitures et les pistes. L'application des pistes sur les garnitures est réalisée de manière progressive, reproduisant ainsi sensiblement le phénomène de « patinage de l'embrayage ».

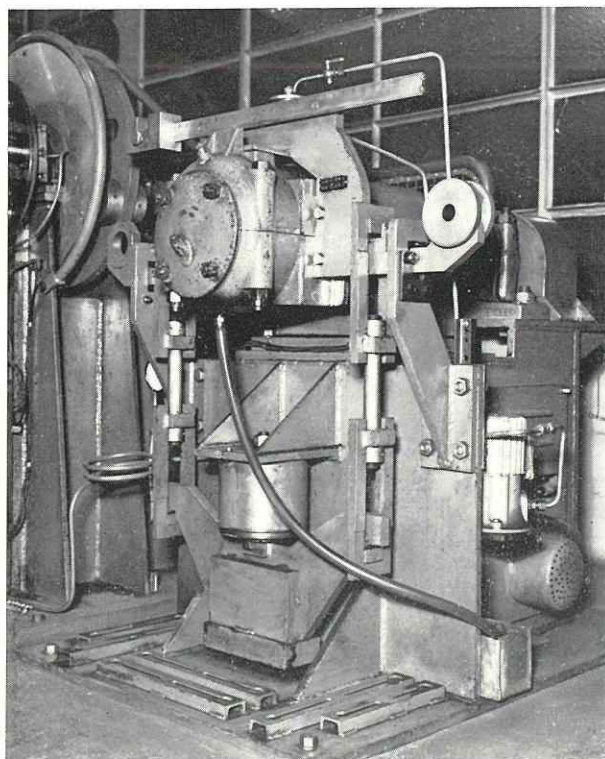
Le dispositif de commande automatique prévu pour le banc d'essai n° 1 peut également être utilisé pour ce banc, permettant ainsi son fonctionnement selon un cycle préétabli analogue à celui prévu pour les essais de garnitures de frein.

c) Banc d'essai des lubrifiants.

Le lubrifiant à essayer est placé à l'intérieur d'une boîte d'essieu SKF à deux roulements à rouleaux, montée en porte à faux sur la fusée d'un tronçon d'essieu porté par deux paliers solidaires d'un bâti. Afin de réaliser les conditions réelles de sollicitation du matériel roulant, l'un de ces paliers est situé à l'aplomb de la portée de calage de la roue; il s'ensuit que, lors de l'application d'une charge sur la boîte, le tronçon d'essieu prend une flèche comparable à celle qu'il aurait dans la pratique.

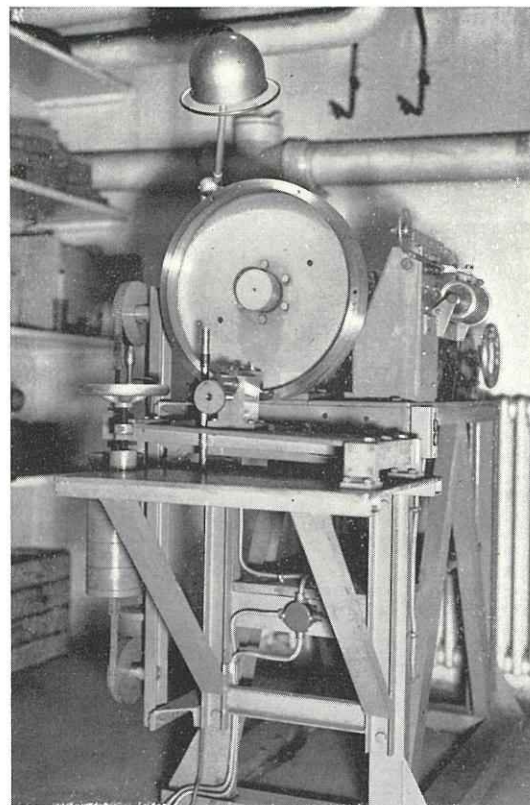
Le dispositif d'application de la charge sur la boîte est le suivant : deux tirants verticaux sont reliés, d'une part, à un palonnier supérieur solidaire de la boîte, d'autre part, à un palonnier inférieur sur lequel agit un vérin hydraulique. L'ensemble constitue ainsi un parallélogramme articulé et se comporte, de ce fait, comme une balance. Toutes les articulations sont montées sur couleaux. La charge sur la boîte peut atteindre 10 tonnes.

La rotation de l'arbre tendant à entraîner la boîte, le déséquilibre créé par le couple de frottement est compensé et mesuré par un curseur que l'on déplace sur une réglette, graduée en cm.kgf, solidaire du palonnier supérieur. La valeur de ce couple permet de



56 429

Fig. 16. — Banc d'essai des lubrifiants : au premier plan, la boîte d'essieu et le vérin hydraulique.



56 430

Fig. 17. — Machine d'usure à disque : au premier plan, la couronne d'usure et le porte-éprouvette.

calculer le coefficient de frottement des roulements en fonction de la vitesse et de la charge pour des températures et des durées de fonctionnement déterminées.

La vitesse de rotation de l'arbre, variable de 100 à 2 300 tours/mn, est transmise par l'intermédiaire d'une magnéto tachymétrique aux indicateurs du pupitre de commande.

La température de la boîte d'essieu est mesurée à l'aide de deux couples thermo-électriques fer-constantan; celle du lubrifiant à l'aide de thermomètres à mercure.

Un compteur totaliseur du nombre de tours de l'arbre est également fixé sur ce banc.

Machine d'usure à disque.

Cette machine est destinée à l'étude du comportement à l'usure de matériaux tels que les garnitures de freins, bronzes de frottement, aciers, fontes, etc.

La machine se compose essentiellement d'une couronne d'usure en acier, d'une épaisseur de 1 mm et de diamètre intérieur 420 mm, commandée par un ensemble moteur-réducteur à vitesse réglable.

La vitesse de rotation de la couronne peut être réglée entre 10 et 100 tours/mn par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse à courroie. La vitesse tangentielle de la couronne peut varier entre 13 et 130 m/mn. Le couple disponible est de 275 m.N à 10 tours/mn.

L'échantillon à essayer, arrondi suivant le rayon de la couronne, repose sur la tranche de celle-ci. La pression d'application sur la couronne est obtenue à l'aide de masses ajoutées à l'extrémité d'un levier. La force d'application de l'éprouvette sur le disque peut varier de 100 à 800 N.

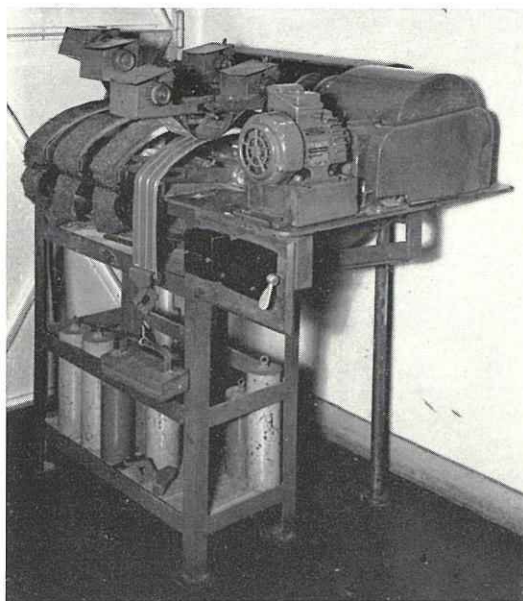
Un micromètre fixé au bâti, mesure la profondeurs des entailles produites par le frottement sur la couronne. Un compte-tours indique le parcours effectué et un appareillage enregistreur fournit un diagramme de l'usure en fonction du temps.

Machine d'usure à mouvements alternatifs.

Le principe de l'appareil est le suivant : une éprouvette du matériau à essayer, tendue sur un support métallique, est soumise à l'action d'un tampon frottoir animé d'un mouvement alternatif au moyen d'un excentrique pouvant tourner à une vitesse de 5 ou 30 tours/mn; sa course est de 150 mm.

Des masses placées sur ce frottoir permettent d'exercer une pression de valeur variable sur l'éprouvette.

Cet appareil est utilisé en particulier pour apprécier la valeur d'usage des revêtements de banquettes de



56 440

Fig. 18. — Machine d'usure à frottements alternatifs.

sièges (texoïds) ou de sols (tapis en caoutchouc). Le frottoir est recouvert d'un papier abrasif pour les essais d'usure, ou d'un tissu de coton blanc pour la vérification de la solidité du colorant au frottement (sur texoïds seulement).

Quatre échantillons peuvent être essayés simultanément.

CHAPITRE II

APPAREILS POUR ESSAIS OU MESURES DE CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Outre l'appareillage classique de tout laboratoire de chimie industrielle — balances d'analyse, étuves, bains de sable, colonnes de distillation, poste d'électrolyse, pH mètre, etc. — la section des essais physico-chimiques possède des appareils spécialisés, notamment pour les études de produits pétroliers ou pour celles des revêtements de protection.

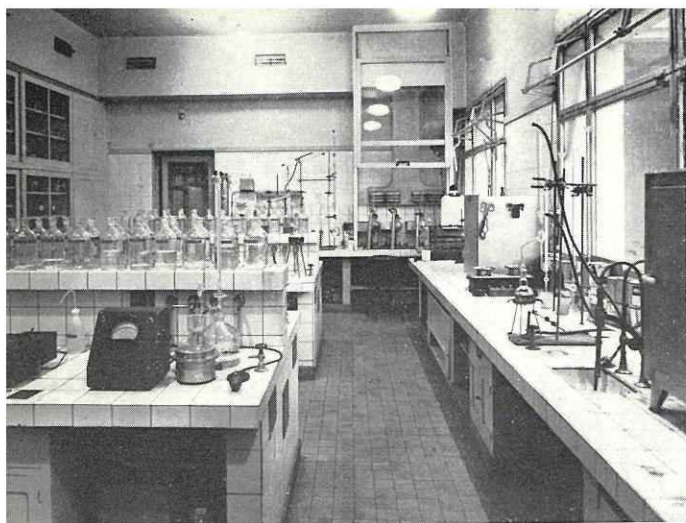
En outre, afin d'accroître l'efficacité des analyses de substances minérales ou organiques, des appareils faisant appel à des techniques modernes (polarographie, spectrophotométrie) ont été acquis ces dernières années.

Les caractères originaux de ces différents appareils ou équipements sont décrits ci-après.

1° ESSAIS DES PRODUITS PÉTROLIERS (ESSENCES, GAS-OILS, FUELS, HUILES, GRAISSES)

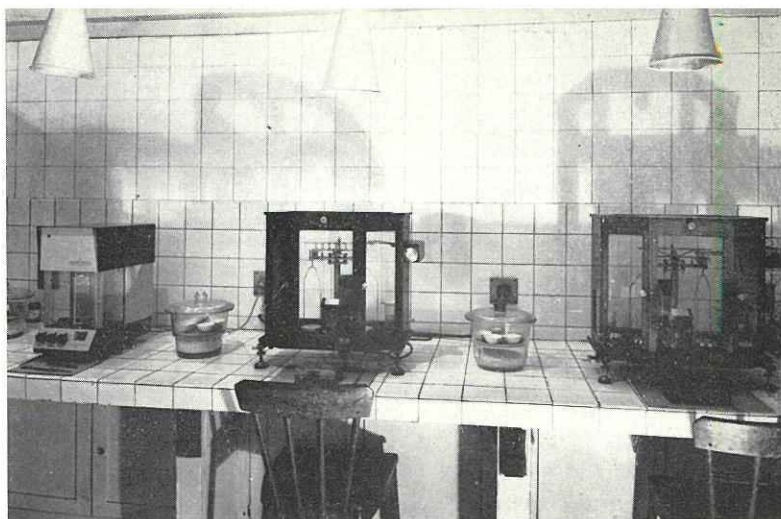
Étant donné l'importance fonctionnelle de ces produits au sein de la Régie, la détermination de leurs caractéristiques physico-chimiques ou la vérification de leur conformité aux spécifications techniques, aux normes ou aux fiches d'identification revêt une importance particulière.

Les caractéristiques d'identification sont déterminées par le Laboratoire à l'issue d'essais probants, soit en service, soit au Laboratoire (sur le banc d'essai des lubrifiants par exemple).



56 443

Fig. 19. — Vue générale de la salle d'essais de chimie.



56 436

Fig. 20. — Salle des balances.

Dans le cas particulier des huiles détergentes pour moteurs Diesel, ces lubrifiants, constitués par un mélange d'huiles de base et d'additifs (dopes), sont agréés après essais sur moteur Petter à l'Institut Français du Pétrole; chaque fabrication fait l'objet d'une réception en usine au cours de laquelle des échantillons d'huile de base et d'additifs sont prélevés. L'identification de ces huiles de base avec celles de l'huile agréée pose un problème délicat. En effet, ces huiles sont elles-mêmes des mélanges complexes d'hydrocarbures et les caractéristiques habituellement retenues (densité, point d'éclair, point de fluage, viscosité, résidu Conradson, cendres) ne peuvent suffire pour déceler une modification de leur structure. Aussi a-t-on recours pour les identifier à leur distillation sous vide cathodique : les volumes des fractions recueillies et leurs températures de distillation permettent de tracer, pour des temps de chauffe

donnés, une courbe de distillation, caractéristique de l'huile, qui doit être reproduite lors de chaque réception. Sur ces différentes fractions, on peut, en outre, effectuer éventuellement les essais habituels.

La distillation sous vide présente l'avantage d'éviter le craquage, qui se produit lors d'une distillation sous pression atmosphérique, dès que la température atteint 300 °C.

Le vide dans l'appareil est assuré d'abord par une pompe à palettes qui abaisse la pression jusqu'à 0,01 mm de mercure, puis complété par une pompe à condensation de vapeurs de mercure qui peut réduire cette pression à la valeur de 10^{-3} mm de mercure. Le vide cathodique est atteint lorsque toute l'huile disparaît dans un tube cathodique intercalé dans le circuit d'aspiration.

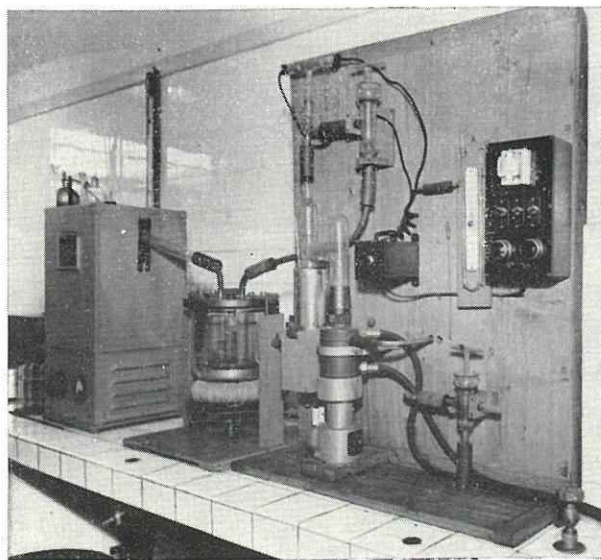
2° ESSAIS DES REVÊTEMENTS DE PROTECTION

Sous ce terme général, il y a lieu d'englober tous les revêtements protecteurs sur subjectiles métalliques ou sur maçonneries obtenus :

- par application de produits organiques ou organo-métalliques (verniss, peintures);
- par dépôt de métaux résistant à la corrosion : nickel, chrome, cadmium, zinc, etc., dépôts réalisés par immersion dans des métaux fondus, par métallisation au pistolet, par voie électrolytique ou par voie chimique.

Dans une entreprise où l'infrastructure générale (matériel roulant et installations) est soumise à des conditions relativement sévères (intempéries, usage public), la tenue des revêtements protecteurs et leur résistance à la corrosion doivent être particulièrement éprouvées.

L'étuve à brouillard salin que possède le Laboratoire est utilisée à cette fin : elle permet de réaliser des essais de corrosion accélérée (sur éprouvettes



39 798

Fig. 21. — Appareil de distillation sous vide cathodique.



39 800

Fig. 22. — Viscosimètre Brookfield.

ou sur pièces elles-mêmes, si leurs dimensions le permettent) dans les conditions prescrites par le projet de norme PN X 41-002 « Essai au brouillard salin ».

La température à l'intérieur de la chambre de pulvérisation est maintenue à 35 ± 2 °C; la pression de l'air envoyé aux pulvérisateurs reste comprise entre 0,8 et 1,2 bars. La pulvérisation du brouillard est continue. Le degré de corrosion est défini par la durée d'exposition au bout de laquelle apparaissent des traces d'attaque (piqûres, boursoufflures).

Parmi les autres appareils marquants, il faut mentionner le viscosimètre Brookfield qui permet de mesurer la viscosité des peintures et d'étudier les phénomènes de thixotropie et de rhéopexie.

Son principe est le suivant : un moteur synchrone entraîne, par l'intermédiaire d'une boîte à 4 vitesses (2, 4, 10 et 20 tours/mn), un cadran et un mobile de révolution relié à une aiguille. La liaison entre le cadran et le mobile est assurée par un ressort spirale. Lorsque le mobile est immergé dans le liquide à examiner, le couple de frottement de viscosité est équilibré par la déformation angulaire du ressort et la déviation de l'aiguille par rapport au zéro du cadran est proportionnelle à la viscosité.

3° APPAREILLAGES SPÉCIAUX POUR ANALYSE QUANTITATIVE

Jusqu'à ces dernières années, seul le spectroscope à étincelles installé dans les locaux de la section des essais mécaniques permettait de procéder à une recherche quantitative rapide, mais approximative, de certains éléments minéraux dans les aciers ou les

alliages non ferreux (magnésium, manganèse, silicium, nickel, chrome, molybdène). Bien que le rôle de cet appareil soit déterminant lors de l'identification des aciers spéciaux utilisés par les fournisseurs, ses possibilités limitées, tant en précision qu'en potentiel d'investigation, ne lui permettent pas de suppléer les méthodes d'analyse chimique par gravimétrie ou par volumétrie auxquelles il est toujours fait appel pour toute détermination précise de composition.

L'utilisation de plus en plus répandue d'aciers alliés, de fontes spéciales, d'alliages et parallèlement l'essor des substances organiques dans leurs applications industrielles — matières plastiques, élastomères, détergents — ayant accru considérablement le nombre et la diversité des analyses demandées au Laboratoire, celui-ci a recherché un équipement permettant de pallier la lenteur relative des méthodes classiques d'analyse ou aussi d'étendre les possibilités de recherche de composés organiques.

Les appareils suivants répondent à cet objectif.

Four électronique à haute fréquence.

Ce four, utilisé en particulier pour la détermination du carbone et du soufre dans les aciers et fontes et pour le dosage du soufre dans les produits organiques, présente l'avantage, sur les anciens fours à tubes chauffés par baguettes résistantes en « silite », d'être à température dans la minute qui suit sa mise en service. L'échantillon est disposé dans un champ magnétique haute fréquence obtenu à l'aide d'une



53 475

Fig. 23. — Four électronique à haute fréquence.

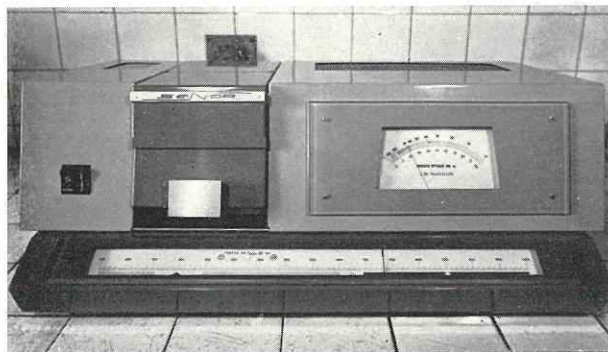
triode montée en oscillatrice; le courant qui y est induit assure sa fusion et sa combustion totale.

Pour le dosage du carbone dans les aciers, la prise d'essai est fondue et brûlée dans un courant d'oxygène; les gaz de combustion, après oxydation complète sur catalyseur de platine, sont recueillis dans le « Laboratoire » d'un appareil dit « 2 minutes » destiné à absorber la totalité du gaz carbonique formé, d'où l'on déduit la teneur en carbone de l'acier ou de la fonte. La durée totale d'une opération est de 4 à 5 mn. Pour le dosage du soufre, les gaz de combustion sont dirigés dans un absorbeur; le soufre est dosé par oxydimétrie pendant la période de combustion.

Cet appareillage sert aussi à la détermination du soufre total dans la plupart des matériaux organiques, huiles combustibles, huiles lubrifiantes, détergents, élastomères, matières plastiques. Une pastille de carbure de silicium disposée sur la partie supérieure du creuset réfractaire assure la formation des courants induits provoquant la combustion du produit.

Spectrophotomètre.

La spectrophotométrie d'absorption permet d'effectuer des analyses qualitatives ou quantitatives de



53 472

Fig. 24. — Spectrophotomètre.

substances organiques ou minérales d'après la mesure de l'absorption de lumière par une de leurs solutions. Celle-ci est fonction de la composition chimique de cette substance et de la concentration de l'élément recherché, pour une longueur d'onde déterminée dans le domaine de la lumière visible ou invisible et pour un parcours donné du faisceau lumineux à travers la solution étudiée (loi de Lambert Beer).

Le spectre d'absorption est établi d'après la diminution d'intensité du faisceau de lumière monochromatique ayant traversé la solution : il représente les variations de la densité optique ($D = \log \left(\frac{I_0}{I} \right)$; I_0 , intensité du faisceau transmis; I , intensité du faisceau

incident) en fonction de la longueur d'onde de la lumière.

Dans le domaine visible, les dosages spectrophotométriques sont réservés aux substances chromogènes; d'après leur spectre d'absorption, on détermine la longueur d'onde correspondant au coefficient maximum d'absorption, puis on établit pour cette longueur d'onde une courbe d'étalonnage (fonction linéaire) donnant les variations de la densité optique en fonction de la concentration de l'élément cherché.

De ces courbes d'étalonnage peuvent être déduites les teneurs en éléments minéraux, par exemple : phosphore, manganèse, nickel, chrome, molybdène dans les aciers et les fontes, fer dans les alliages d'aluminium ou de zinc.

Dans le domaine ultraviolet, les spectres d'absorption obtenus sur des substances organiques telles que, huiles, détergents, solvants, font apparaître, pour des valeurs bien définies de longueurs d'onde, des bandes d'absorption caractéristiques de composés chromophores (chaînes hydrocarbonées à double liaison, noyaux aromatiques, groupements fonctionnels alcooliques, cétoniques) qui servent à établir la composition qualitative de ces substances.

Le spectrophotomètre du Laboratoire comporte deux sources lumineuses : l'une pour le domaine visible de 400 à 1 000 nm, l'autre pour le domaine ultraviolet de 200 à 400 nm (lampe à deutérium). Le monochromateur à réseau localise le faisceau sur une fente pouvant présenter trois largeurs possibles : 0,06 mm, 0,15 mm, 0,30 mm. La fente choisie ainsi



56 441

Fig. 25. — Polarographe.

que la plage de longueur d'onde de travail sont affichées par voyant lumineux sur le cadran. Un système de porte-cuve à cinq positions de lecture donne la possibilité de mener de front plusieurs dosages.

Polarographe à enregistrement direct.

Les techniques polarographiques permettent avec une précision de 1 à 2 % de détecter des éléments présents dans une solution à des concentrations de l'ordre de 10^{-4} molécule par litre. On dose également et parfois plus rapidement qu'avec les méthodes chimiques classiques les éléments minéraux courants (Cu Pb Cd Zn Cr Mn Ni) des minerais, roches, métaux et alliages, huiles détergentes, caoutchoucs, papiers, etc.

L'analyse polarographique est fondée sur l'interprétation des courbes intensité-potentiel obtenues dans l'électrolyse d'une solution au moyen d'une

électrode polarisable à goutte de mercure et une électrode de référence non polarisable dont le potentiel est connu.

Le polarographe se compose essentiellement d'une cellule d'électrolyse dont les deux électrodes sont reliées à un ensemble potentiométrique, amplificateur et enregistreur de courant.

La polarographie est à la fois une méthode d'analyse qualitative et quantitative; lorsqu'on augmente la tension entre les deux électrodes, l'intensité du courant croît et tend vers une valeur limite; la courbe enregistrée par l'appareil présente une série de paliers successifs, les valeurs de la tension étant portées en abscisses. Le potentiel du demi-palier est caractéristique de la nature de l'élément considéré; la hauteur du palier ou hauteur de vague correspond à l'intensité du courant, elle est proportionnelle à la concentration de l'élément dans la solution.

CHAPITRE III

APPAREILS OU INSTALLATIONS POUR ESSAIS OU MESURES DE CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Le rôle joué par la lumière, tant au point de vue sécurité de l'exploitation, notamment pour le réseau ferré, qu'en ce qui concerne « l'ambiance » des installations mises à la disposition du public n'est plus à démontrer. Raisons largement suffisantes pour que le Laboratoire s'intéresse particulièrement aux fournitures de lampes (à incandescence ou fluorescentes), tout progrès dans le sens de la qualité se traduisant par une plus longue durée de vie, d'où une économie d'entretien, ou par une meilleure efficacité lumineuse et, par conséquent, un confort accru pour les usagers.

A cette fin, le Laboratoire dispose d'installations affectées aux essais de durée de lampes et aux mesures de leurs caractéristiques.

D'autres appareils ou équipements installés dans les locaux de la section des essais électriques permettent d'effectuer :

- des essais de rigidité diélectrique jusqu'à 80 000 V sur les isolants moulés ou stratifiés, en matières thermoplastiques ou thermodurcissables, sur des échantillons de conducteurs ou câbles électriques;
- des mesures de résistivité (en particulier, sur les charbons de moteurs électriques);
- des mesures de résistances et de capacités;
- des essais de fusibles.

1° INSTALLATION D'ESSAI DES LAMPES A INCANDESCENCE

Cette installation permet d'effectuer sur les lampes à incandescence :

- des essais de durée sous tension stabilisée;
- des mesures de caractéristiques photométriques et électriques.

Les lampes sont essayées en surtension (105 à 110 % de la tension nominale) et sont alimentées par l'intermédiaire de transformateurs dont les primaires sont connectés à une alimentation monophasée, 220 V, 50 Hz, stabilisée à $\pm 0,2$ % par un régulateur d'induction.

Les lampes sont montées sur des rampes qui peuvent être équipées de douilles correspondant aux différents culots de lampes approvisionnées (culots à baïonnette ou à vis, lampes navette).

Ces rampes sont groupées en herse; un système de barres d'alimentation permet la répartition des tensions correspondant à chaque type de lampe en essai.

Pour la détermination des caractéristiques photométriques et électriques, les lampes sont placées au centre de sphères photométriques équipées de cellules photo-électriques.

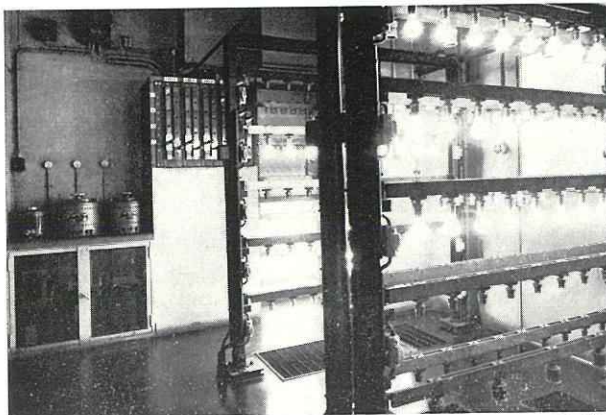


Fig. 26. — Herses pour les essais de lampes à incandescence.

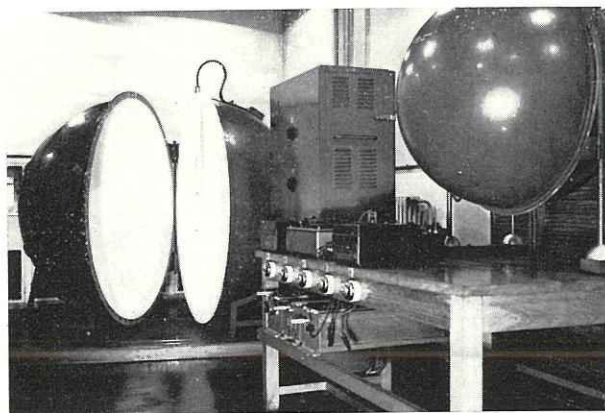


Fig. 27. — Sphères pour mesures de photométrie.

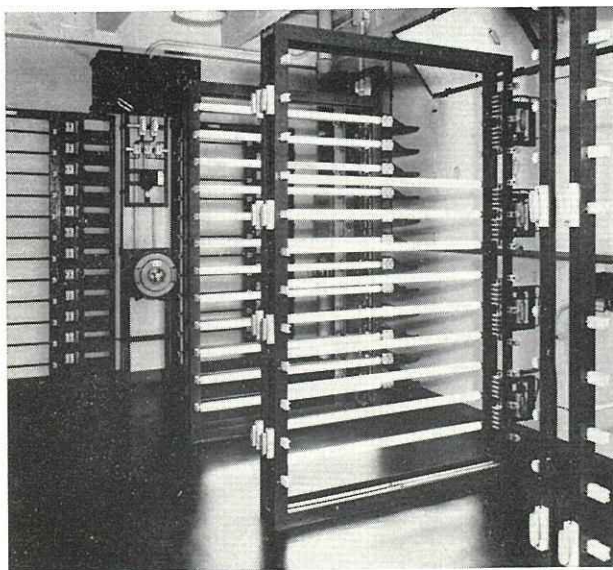


Fig. 28. — Herses pour les essais de lampes fluorescentes.

Une sphère de 1,50 m de diamètre est prévue pour les flux lumineux de 100 à 5 000 lumens, l'autre sphère de 0,75 m de diamètre est utilisée pour les flux lumineux inférieurs à 100 lumens.

Les lampes, alimentées sous une tension redressée, filtrée et stabilisée à $\pm 0,05\%$, sont reliées à une table de mesure comprenant :

- pour les mesures de puissance : 2 voltmètres, un ampèremètre.
- pour les mesures photométriques : un pont de mesure de l'intensité du courant produit par la cellule photo-électrique pour des flux lumineux de 10 à 5 000 lumens. Un jeu d'étalons photométriques correspondant aux différents types usuels de lampes permet par comparaison des courants de cellule, de calculer le flux lumineux des lampes en essai.

2° INSTALLATION D'ESSAI DES LAMPES FLUORESCENTES

Cette installation permet d'effectuer sur les lampes fluorescentes :

- des essais de durée sous tension alternative ou continue;
- des mesures de caractéristiques photométriques et électriques;
- des mesures de colorimétrie.

Essais de durée.

Pour les essais sous tension alternative, les lampes sont alimentées, par l'intermédiaire d'un alternostat, sous tension de 115-120 V ou 200-220 V. Une minuterie commande le cycle d'allumages et d'extinctions prévu par la spécification internationale relative aux essais de lampes fluorescentes.

Les essais sous tension continue concernent les lampes fluorescentes du type à une bande d'amorçage pour les voitures du réseau ferré et celles du type à deux bandes d'amorçage pour les stations et accès du réseau ferré. Le courant continu (600 V) est fourni par un redresseur sec avec dispositifs de filtrage et de stabilisation à $\pm 2\%$. Une minuterie permet de réaliser un cycle d'allumages et d'extinctions. En outre, pour les lampes à deux bandes d'amorçage, la polarité peut être inversée toutes les huit heures. Un essai d'allumage et de tenue en sous tension peut également être effectué.

Mesures des caractéristiques photométriques et électriques.

Pour la détermination de ces caractéristiques, le tube est placé à l'intérieur d'un cylindre intégrant en tôle, muni d'une cellule photo-électrique.

La mesure du flux lumineux est effectuée sous tension alternative, à puissance constante, compara-

tivement à une lampe étalon; le courant débité par la cellule est mesuré à l'aide d'un microampèremètre de précision.



Fig. 29. — Colorimètre.

39 842

Un wattmètre, un ampèremètre thermique et un électromètre mesurent respectivement la puissance de la lampe, le courant d'arc et la tension de fonctionnement.

Mesures de colorimétrie.

Le colorimètre utilisé possède quatre cellules photo-électriques munies chacune d'un filtre coloré : une cellule munie d'un filtre rouge, une cellule munie d'un filtre vert et deux cellules munies d'un filtre bleu. Les courants débités par la cellule rouge, la cellule verte et les deux cellules bleues, montées en parallèle, sont mesurés successivement à l'aide d'un microampèremètre de précision et permettent de calculer les coordonnées trichromatiques de la lampe.

La mesure est effectuée à puissance constante comparativement à une lampe étalon.

CHAPITRE IV

APPAREILS DE CONTROLE NON DESTRUCTIF

Pour les pièces mécaniques, il est généralement primordial de vérifier que les caractéristiques intrinsèques de la matière utilisée (fonte, aciers spéciaux, etc.) sont conformes à ce qui est prescrit à la commande. C'est notamment le rôle des appareils ou des équipements décrits précédemment.

En outre, pour les pièces mécaniques soumises à de fortes sollicitations (vilebrequins, arbres de roue,

pignons...), il importe de vérifier également que les conditions d'élaboration ont été correctes. L'appareil Contromag que possède le Laboratoire est utilisé à cette fin : il permet de détecter sur les pièces en métaux ferromagnétiques, sans les détruire, les défauts superficiels ou ceux peu éloignés de la surface (fissures, criques, replis, inclusions, tapures), susceptibles de jouer un rôle d'effet d'entaille et de provoquer des ruptures en service.

La fonction de l'appareil Ferrotest, également acquis par le Laboratoire, est différente : cet appareil est conçu pour le contrôle de l'homogénéité d'un lot de barres, tubes, profilés en métaux ou alliages ferromagnétiques.

Appareil Contromag

La pièce à contrôler est soumise à un champ magnétique suffisamment intense pour l'amener à un état proche de la saturation magnétique. Lorsque la pièce est saine, les lignes de force dans le métal sont parallèles, mais dès qu'un défaut interne ou superficiel se présente, elles sont déviées et s'incurvent pour ne passer que dans la partie saine, provoquant ainsi une sursaturation magnétique dans la zone avoisinant le défaut. Un flux de fuite apparaît alors

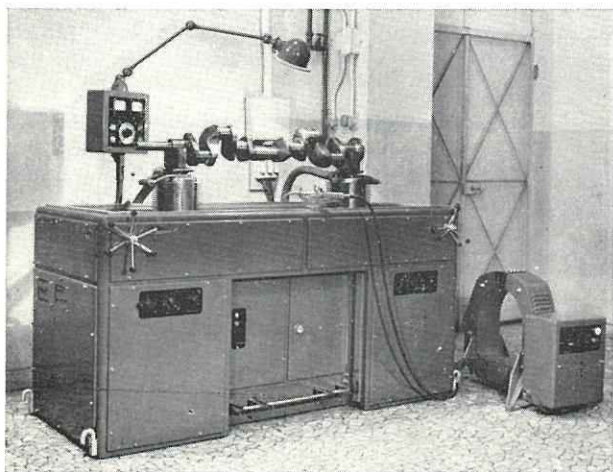


Fig. 30. — Appareil Contromag. A droite, le démagnétiseur.

à la surface de la pièce; on le matérialise en projetant sur la pièce un jet de pétrole contenant en suspension de très fines particules d'oxyde de fer. Ces particules sont alors fixées grâce aux fuites provoquées par le défaut et dessinent par leur accumulation un spectre de la solution de continuité dans la pièce.

La détection est optimale si la direction du défaut est perpendiculaire à la direction du flux magnétique; les défauts allongés parallèlement au champ ne sont pas révélés, aussi recourt-on à l'utilisation, d'une part, d'un champ longitudinal, d'autre part, d'un champ transversal :

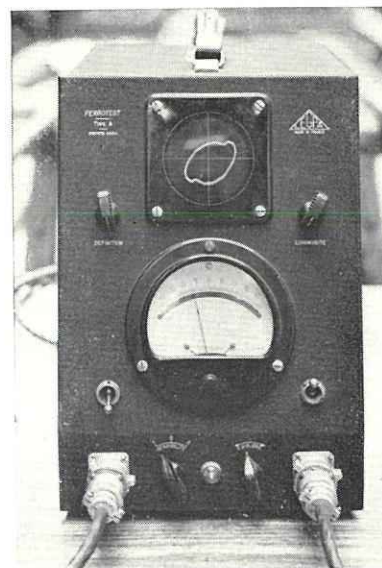
- le champ longitudinal s'obtient en fermant le circuit magnétique d'un électro-aimant par la pièce à contrôler; il permet ainsi de détecter les défauts transversaux;
- le champ transversal s'obtient en faisant passer dans la pièce un courant alternatif à forte intensité (3 000 A sous 3 à 4 V); ce courant engendre un champ circulaire permettant de déceler les défauts longitudinaux.

Le champ longitudinal et le champ transversal peuvent même être créés simultanément dans la pièce à contrôler; les défauts, quelle que soit leur orientation, sont alors décelés, mais ce mode opératoire n'est cependant pas recommandé.

L'appareil du Laboratoire se présente sous la forme d'un bâti contenant une cuve au-dessus de laquelle sont montées les têtes magnétiques. Ces têtes sont déplaçables longitudinalement, transversalement et orientables dans toutes les directions; éventuellement, elles sont amovibles pour un contrôle à distance. Une pompe installée à l'intérieur de ce bâti assure l'alimentation du jet d'arrosage. Le serrage et le desserrage des pièces entre les têtes magnétiques, les commandes des aimantations se font par pédales; un tableau de contrôle permet de s'assurer du fonctionnement correct de l'appareillage. L'écartement maximum des têtes est suffisant pour des pièces de 1 500 mm de longueur.

L'installation est complétée par un appareil de démagnétisation; après un contrôle magnétoscopique, les pièces conservent généralement un magnétisme rémanent dont la valeur dépend de l'intensité du champ et de la composition du métal.

La méthode utilisée pour annuler la rémanence consiste à soumettre la pièce à un champ magnétique alternatif décroissant. Cette opération est effectuée grâce à un démagnétiseur (bobine parcourue par



39 845

Fig. 31. — Appareil Ferrotest.

un courant alternatif à travers laquelle on fait passer la pièce à démagnétiser); la décroissance du champ est obtenue en éloignant lentement la pièce de la bobine.

Appareil Ferrotest

L'appareil est conçu pour permettre la comparaison de deux métaux entre eux à partir de leur cycle d'hystérésis ou, plus exactement, d'après les variations de courbure en chaque point de ce cycle (perméabilité différentielle). Chaque métal est introduit à l'intérieur d'une bobine inductrice, de 110 mm de diamètre intérieur, alimentée en courant alternatif; la courbe caractéristique résultant des différences de caractéristiques magnétiques de chacun des métaux apparaît sur l'écran d'un oscilloscope cathodique; une identité de structure est représentée par un trait horizontal continu.

En outre, un détecteur d'écarts traduit numériquement les différences très faibles, peu visibles sur l'écran, et permet de fixer les limites acceptables entre métaux d'une même nuance.

L'appareil peut être utilisé pour la remise en ordre d'un stock en cas de mélanges accidentels.

QUELQUES RÉSULTATS

Les statistiques suivantes donnent une idée de l'activité du Laboratoire :

	1963	1964	1965
Nombre de procès - verbaux d'essais établis par le Labo- ratoire	5 130	6 219	6 302
Participation de chacune des sections à l'établissement des procès-verbaux :			
— section des essais méca- niques et essais métallur- giques.....	2 449	3 143	3 085
— section des essais physico- chimiques.....	1 819	2 178	2 490
— section des essais élec- triques et des essais divers.	1 551	1 758	1 703



