

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 - http://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)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note	À partir de février 1943, le titre devient "Science et Vie". La bibliothèque du Cnam ne possède pas de collection, la numérisation a été faite grâce au prêt de la collection privée de M. Pierre Cubaud.

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 31. n. 115. Janvier 1927
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1927
Collation	1 vol. (86 p.) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 115
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Note	Le volume a été relié, par conséquent il manque la 3ème et 4ème de couverture.
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.115

France et Colonies : 4 fr.

N° 115. - Janvier 1927

LA SCIENCE ET LA VIE



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

DES SITUATIONS D'AVENIR

sont actuellement offertes en grand nombre, par les Industriels
membres de l'Ecole du Génie Civil, aux jeunes gens munis du

DIPLOME DE DESSINATEUR INDUSTRIEL

DE

l'Ecole du Génie Civil

PLACEE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT

152, avenue de Wagram, PARIS-17^e

Ce diplôme est facile à acquérir, en étudiant

LES COURS PAR CORRESPONDANCE

dont le détail est donné ci-après

a) Diplôme de Dessinateur-Constructeur

**MÉCANIQUE - RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX - CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES
TECHNOLOGIE DE L'ATELIER - DESSIN INDUSTRIEL**

L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL a acquis, dans le monde de l'Industrie mécanique, une réputation telle, par la valeur de ses diplômes, que son nom est devenu synonyme de **MÉRITE** et de **SUCCÈS**.

Durée approximative des cours : 4 mois

PRIX DES COURS : 250 fr., en payant **100 fr.** à l'inscription et **50 fr.** chacun des trois mois suivants, ou **200 fr.** en payant au comptant (20 0/0 en plus pour l'étranger).

b) Diplôme d'Ingénieur-Constructeur

Ce diplôme peut être acquis aux jeunes gens ayant suivi la préparation précédente, ou pouvant en être dispensés par leurs études antérieures, et qui suivront la préparation ci-dessous.

**CINÉMATIQUE APPLIQUÉE - CONSTRUCTION ET PROJETS DE MACHINES-OUTILS
STATIQUE GRAPHIQUE APPLIQUÉE AUX MACHINES**

Durée approximative de la partie b : 3 mois

PRIX DE LA PARTIE b 375 fr. par mensualités, ou **325 fr.** au comptant.

PRIX DES PARTIES a et b 600 fr. — 500 fr. —

Les prix comprennent la fourniture des Cours, Devoirs et Corrections. — (20 0/0 en plus pour l'étranger)

Les jeunes gens munis de nos diplômes peuvent être admis dans les Administrations de l'Etat, les Chemins de Fer, la Marine, etc...

Les prix des préparations ci-dessus sont exclusivement réservés aux lecteurs de *La Science et la Vie* et ne sont valables que durant le mois qui suivra celui de ce numéro.

En outre, tout élève qui ne serait pas satisfait par sa préparation et qui la renverra en parfait état à l'Ecole, quarante-huit heures après sa réception, sera intégralement remboursé, déduction faite de 25 francs, qui seront retenus pour frais d'expédition.

.....
Envoi du programme détaillé n° 808 contre 2 fr. en timbres.

Que savons-nous du radium ? Sa préparation, ses propriétés, ses applications.. .. .	Maurice Curie	3
Le prix Nobel de Physique (1926) vient d'être attribué à notre compatriote Jean Perrin.	Marcel Boll.	13
La très haute tension et l'électrification générale de la France	Professeur agrégé de l'Université, docteur ès sciences. L.-D. Fourcault	17
Les deux plus puissants électro-aimants du monde	L. Houllevigue.	23
Que deviennent les vieux caoutchoucs ? Régénération du caoutchouc. Rénovation des pneumatiques. Caoutchouc de synthèse	Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille. Pierre Chanlaine	29
La fabrication moderne des montres est servie par des machines d'une précision extraordinaire	Lucien Fournier	37
Les minerais de zinc et leur extraction	Pierre Arvers	53
Où en est la question des carburants de remplacement?	Jean Labadié.. .. .	56
Où en sommes-nous en T. S. F. après le troisième Salon de Paris?	Joseph Roussel	64
La T. S. F. et les constructeurs	J. M.	72
L'Automobile et la vie moderne.. .. .	A. Caputo.	77
Les A côté de la science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Ruber	83
Une méthode simple pour obtenir des photographies animées	—	83
Pour débarrasser rapidement et hygiéniquement les sacs de leurs poussières	—	84
Nouveau mode de scellement pour fixer solidement des vis, des pitons et des boulons.	—	84

Nous informons nos lecteurs qu'à l'exception de nos nos 1, 2, 4, 5, 6, 18, 19, 21, 27 et 40, qui sont épuisés, les 114 numéros qui composent, au 31 décembre 1926, la collection de notre revue, peuvent leur être fournis au prix de 5 francs l'exemplaire, à nos bureaux, ou adressés franco, au prix de 5 fr. 50, sauf pour le n° 114 (Noël 1926), qui vaut 7 francs à nos bureaux et 8 francs franco. A la fin de chaque semestre, nous publions à part une table des matières contenues dans les numéros sortis pendant celui-ci. Nos abonnés trouvent cette table encartée dans le dernier numéro du semestre. Ceux de nos lecteurs qui désireraient la posséder, doivent nous adresser 1 franc en timbres pour la recevoir franco.

La prochaine conférence radiophonique de vulgarisation scientifique organisée par *La Science et la Vie*, avec le concours du poste d'émission du *Petit Parisien* (longueur d'onde 340 m. 9), aura lieu, le lundi 10 janvier, à 21 heures. Elle sera faite par M. F. Michaud, docteur ès sciences, agrégé de l'Université, qui traitera le sujet suivant : « L'électrification générale de la France ».

La couverture du présent Numéro représente une vue de la partie supérieure d'une série de disjoncteurs à 150.000 volts des ateliers de Delle, installés en plein air. (Voir l'article sur les très hautes tensions, à la page 17.)



LE RAYONNEMENT ÉMIS PAR LE RADIUM EST SUFFISANT POUR QU'ON PUISSE LE PHOTOGRAPHIER SANS EMPLOYER UNE SOURCE LUMINEUSE AUXILIAIRE

Remarquez les lames épaisses de plomb situées devant le physicien, pour le protéger contre le rayonnement radioactif.

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE MENSUEL DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Voir le tarif des abonnements à la fin de la partie rédactionnelle du numéro

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS-X* — Téléph. : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Copyright by La Science et la Vie, Janvier 1927. - R. C. Seine 116.544

Tome XXXI

Janvier 1927

Numéro 115

QUE SAVONS-NOUS DU RADIUM ?

Sa préparation, ses propriétés, son utilisation

Par Maurice CURIE

Quelques centaines de grammes ! Telle est la quantité de radium préparée dans le monde entier depuis sa découverte par Pierre Curie et M^{me} Curie, en 1898, jusqu'à ce jour. Un tel chiffre laisse concevoir et la rareté de ce corps aux propriétés merveilleuses et la difficulté de sa préparation. En effet, il ne faut pas manipuler moins d'une tonne du minerai le plus riche — la pechblende du Congo belge — pour en extraire 100 milligrammes de radium. Manipulations longues et délicates qui exigent un contrôle précis et minutieux. C'est grâce à cette faible quantité de radium que la science a pu faire progresser nos connaissances dans les différents domaines de la chimie physique, notamment sur la constitution intime de la matière. Il appartenait à M. Maurice Curie, qui poursuit avec succès l'œuvre magistrale de Pierre Curie et de M^{me} Curie, d'exposer ici l'état actuel de nos connaissances en radioactivité et de montrer les applications pratiques du radium à l'industrie et à l'agriculture.

LA radioactivité, curieuse propriété de la matière, a, dès sa découverte, retenu l'attention de tous ceux qu'intéressent les travaux scientifiques. Cette attention s'est maintenue très vive à la suite des progrès réalisés dans cette étude et des applications importantes obtenues dans le domaine pratique.

On connaît actuellement une trentaine de corps radioactifs. Le plus utilisé est toujours le radium, dont la découverte remonte à l'année 1898. A cette époque, on ne disposait que de très faibles quantités (quelques centigrammes) de la précieuse substance. Dans la suite, la préparation du radium est devenue une véritable industrie, et des usines se sont édifiées en divers pays pour faire face aux demandes de plus en plus nombreuses. Toutefois, la quantité totale préparée jusqu'à ce jour n'est que de quelques centaines de grammes.

Ce qui donne à l'industrie du radium un aspect très particulier, c'est la nécessité d'employer d'énormes quantités de matières premières et de réactifs chimiques pour obte-

nir finalement une infime quantité de substance.

L'extraction de 100 milligrammes de radium exige la manipulation d'une tonne de minerai

Les minerais. — Le radium est contenu dans divers minerais, que l'on rencontre un peu partout sur la surface de la terre ; en général, le minerai est très pauvre.

Avant la guerre, l'industrie du radium était surtout localisée en France. Mais, les gisements français connus jusqu'alors étant peu importants, on traitait presque uniquement des minerais de provenance étrangère ; ceux du Portugal et du Colorado étaient les plus employés ; leur teneur ne dépassait pas quelques milligrammes de radium par tonne de minerai.

Pour obtenir un gramme de radium, il fallait, par exemple, traiter 800 tonnes de minerai du Portugal, employer plus de 300 tonnes de produits chimiques, 200 tonnes de charbon et manipuler 15.000 tonnes de liquides.



FIG. 1. — MINE DE « PECHBLENDE » DE CHINKOLOBOWE (CONGO BELGE)

Fond de la carrière. La pechblende est le meilleur minéral de radium.

Au cours de ces dernières années, la découverte de gisements importants de « pechblende » au Congo belge a permis de produire de plus fortes quantités de radium. La teneur moyenne de la « pechblende » atteint 100 milligrammes à la tonne. Avec ce minéral, le coût d'extraction du radium se trouve diminué. La quantité de matières premières et de réactifs employés reste cependant toujours énorme, et le prix de vente du radium est encore extrêmement élevé. Ce prix se maintient actuellement aux environs de un million de francs par gramme de radium pur.

La pechblende est un minéral de couleur noire, de forte densité. Sous l'action des agents atmosphériques, il s'altère et prend de superbes colorations vertes, jaunes, rouges, très spéciales, qui facilitent la prospection. Ces teintes sont dues aux transformations successives de l'oxyde d'uranium, qui constitue presque exclusivement la pechblende. Le radium se rencontre toujours dans les minerais d'uranium.

Au Congo belge, le gisement est dans une zone de terrain où l'on rencontre plusieurs autres minéraux, notamment du cuivre et du cobalt. L'aspect des filons de pechblende est très irrégulier et présente des renflements en chapelets. Les filons sont souvent interrompus à la suite de glisse-

ments qui ont provoqué des cassures.

Les deux premières gravures (fig. 1 et 2) reproduisent l'une des carrières en exploitation. On remarquera que le travail se fait ici à ciel ouvert et n'a nécessité ni puits ni galeries souterraines.

Au Congo belge, on ne peut traiter sur place le minéral extrait. Il est expédié en Belgique ; le coût de transport est moins élevé que les dépenses qu'aurait exigées un traitement chimique compliqué au centre de l'Afrique.

Les minerais portugais, dont la teneur en radium est moins élevée que celle de la pechblende, ainsi que nous l'avons dit, sont soumis à une première concentration chimique à proximité des mines, le traitement étant générale-

ment poursuivi et achevé en France.

Des gisements intéressants ont été découverts à Madagascar ; ces minerais ont une richesse voisine de celle de la pechblende. Dans ces gisements, le minéral ne se présente pas en filons, mais plutôt en poches isolées, d'importance très variable. Les minerais de Madagascar sont expédiés en France sans avoir subi de traitement préalable.

Comment on traite le minéral de radium depuis son extraction jusqu'à l'obtention de la matière radioactive

C'est d'une pechblende de Bohême que Pierre Curie et M^{me} Curie, avec la collabo-



FIG. 2. — VUE DU PLAN INCLINÉ DE LA MINE DE PECHBLENDE REPRÉSENTÉE CI-DESSUS

ration de M. Bémond, ont extrait pour la première fois le radium, en 1898.

Le mode de traitement de ce minerai n'a pas subi, depuis cette époque, de modifications très importantes. Dans ses grandes lignes, il comprend les opérations suivantes :

On commence par broyer la pechblende pour l'amener à l'état de poudre très fine.

Ainsi pulvérisée, elle est attaquée par l'acide sulfurique concentré et chaud. L'acide sulfurique dissout une grande partie des matières étrangères, tandis qu'au fond des cuves d'attaque se dépose le radium sous forme de sulfate de radium, encore mélangé à un gros excès d'impuretés.

Ce résidu, contenant le radium, sera donc soumis à une série d'opérations ayant pour but d'éliminer l'une après l'autre ces impuretés. L'acide chlorhydrique et le carbonate de soude sont ici principalement employés.

Chaque phase de ce traitement est suivie de lavages abondants et de séparation des précipités à l'aide de filtres-presses (fig. 3).

On obtient alors un produit dont la concentration atteint, en moyenne, 10 milligrammes de radium par kilogramme. Ce produit est, en majeure partie, formé par un sel de « baryum », substance dont les propriétés chimiques sont très voisines de celles du radium, mais qui, toutefois, n'est pas radioactive.

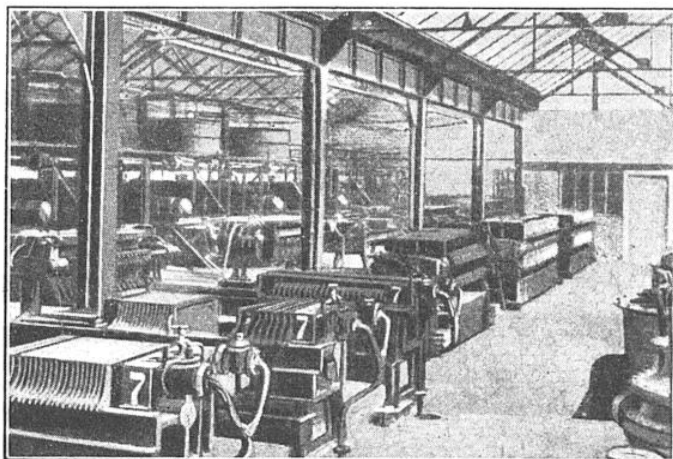


FIG. 3. — TRAITEMENT DE LA PECHBLENDÉ DANS LES CUVES ET FILTRES-PRESSES (USINE D'OOLEN, BELGIQUE)

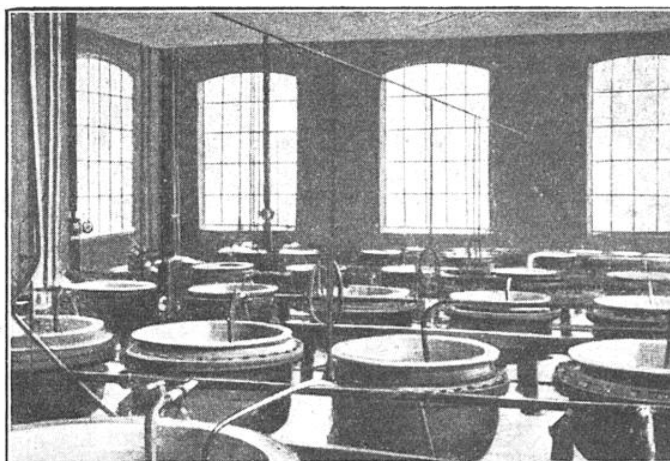


FIG. 4. — VUE D'UNE PARTIE DE L'ATELIER DE CRISTALLISATIONS DU SEL RADIFÈRE (OOLEN)

Les cristallisations successives, commencées ainsi, se terminent au laboratoire.

Cette grande analogie entre le radium et le baryum ne permet pas d'employer les méthodes chimiques ordinaires pour les séparer. On obtient cette séparation par la méthode dite des « cristallisations fractionnées ».

En principe, cette méthode consiste à dissoudre dans l'eau bouillante, contenue dans de grandes cuves, la plus grande quantité possible du sel de baryum-radium. On laisse refroidir ; il se dépose des cristaux de baryum-radium dont la concentration en radium est plus forte que celle du produit initial. La figure 4 donne une vue d'un atelier de cristallisations.

On répète ces cristallisations un grand nombre de fois. Au fur et à mesure de l'enrichissement du produit, le travail devient plus délicat. Les cristallisations fractionnées sont achevées dans les laboratoires de l'usine (fig. 5), où l'on obtient finalement un sel de radium presque pur. Ainsi, après avoir opéré sur des masses imposantes de minerai, et dans des cuves de grandes dimensions, on termine l'opération dans des coupelles dont la capacité diminue de plus en plus. Pratiquement, on arrête les cristallisations quand le produit atteint une concentration comprise entre 50 et 90 % de sel de radium pur, le complément étant constitué par du sel de baryum.

Le contrôle de la fabrication s'effectue au moyen d'un appareil très sensible d'électrostatique : l'électroscope à feuille d'or

On conçoit la nécessité de suivre très attentivement toutes les phases de la fabrication du radium ; les moindres pertes, surtout lorsque le produit atteint une certaine concentration, deviennent très onéreuses.

Il est donc indispensable de faire de fréquentes analyses.

On ne peut, comme dans les analyses chimiques ordinaires, déterminer les quantités par pesées à la balance. Les proportions de radium contenues dans une prise d'échantillon sont trop faibles. Même si l'on réussissait à les isoler, ces quantités de radium seraient trop légères pour être évaluées avec la plus sensible des balances.

On a recours à l'une des plus curieuses propriétés des corps radioactifs : celle d'« ioniser » l'air environnant, c'est-à-dire de rendre cet air conducteur de l'électricité.

L'appareil généralement employé est l'électroscope à feuille d'or, dont la figure 6 reproduit un type des plus courants.

Cet appareil comprend à sa partie inférieure un compartiment destiné à recevoir le produit radioactif à mesurer. Ce compartiment communique avec une cage, où l'on

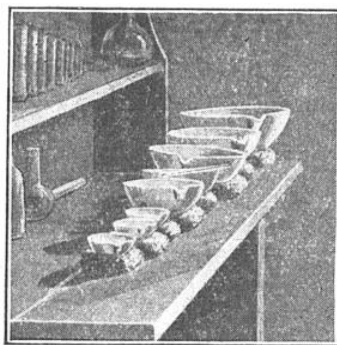


FIG. 5. — LES DERNIÈRES CRISTALLISATIONS SE FONT DANS DE PETITES COUPELLES

aperçoit une feuille d'or (A), fixe à l'une de ses extrémités, libre à l'autre. On charge électriquement la feuille d'or, par simple contact avec un bâton d'ébonite frotté ; elle s'écarte de sa position première.

Si l'on introduit alors un échantillon d'un corps radioactif, minéral par exemple, dans la boîte inférieure, la feuille d'or se décharge peu à peu et revient à sa position primitive.

On évalue la vitesse de chute de la feuille d'or à l'aide d'une petite lunette à micromètre et d'un chronomètre.

La chute est d'autant plus rapide que la radioactivité du produit est plus forte.

Le type d'électroscope employé est un peu différent s'il s'agit d'évaluer la radioactivité d'une solution, ou si l'on doit mesurer de fortes quantités de radium. Mais le principe utilisé est toujours le même.

L'état actuel de la science de la radioactivité : l'œuvre des savants français de 1898 à 1926

Depuis la découverte du polonium et du radium par P. et M^{me} Curie (1898), de l'actinium par M. Debierne (1899), une trentaine d'éléments radioactifs nouveaux ont été étudiés.

C'est par l'émission spontanée d'un rayonnement que les corps radioactifs se distinguent des corps chimiques ordinaires.

Ce rayonnement se compose de trois

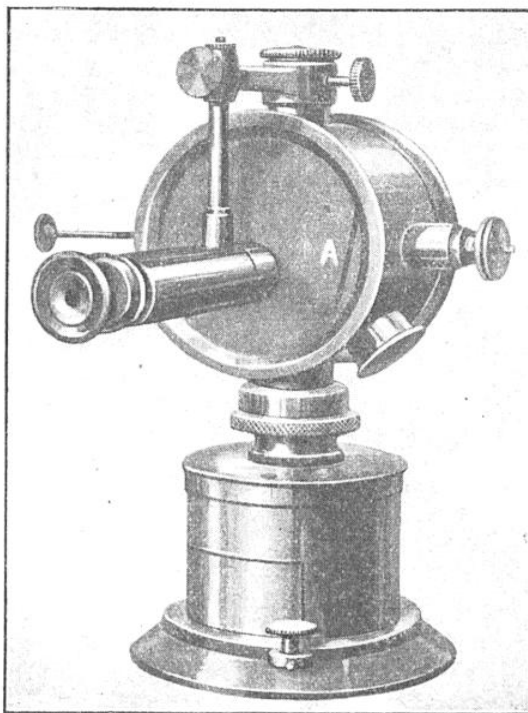


FIG. 6. — ÉLECTROSCOPE POUR MESURES RADIOACTIVES DE MM. CHÉNEVEAU ET LABORDE
Cet appareil, construit par les Etablissements Deffez, comporte, à sa partie inférieure, une boîte cylindrique, communiquant avec la cage, et où on place la matière à étudier. Si cette substance est active, la feuille d'or A, préalablement chargée et écartée de son support par les forces électriques, se décharge peu à peu et retombe. A l'aide d'un petit viseur à micromètre et d'un chronomètre, on évalue la vitesse de cette chute, qui donne une mesure relative de l'activité du corps étudié.

sortes de rayons, qui sont désignés par les trois premières lettres de l'alphabet grec : α , β , γ .

Les rayons α sont des particules de dimensions atomiques, chargées d'électricité positive et lancées à de très grandes vitesses (20.000 kilomètres par seconde, par exemple). Ces rayons se laissent facilement arrêter par une simple feuille de papier ; dans l'air, ils ne franchissent que quelques centimètres.

Les rayons β sont formés de particules dont les dimensions sont bien plus réduites que celles des rayons α . Ils sont électrisés négativement ; ce sont des « électrons ». Leurs vitesses sont plus grandes encore que celles des rayons α et peuvent presque atteindre celle de la lumière (300.000 kilomètres par seconde). Ils sont plus pénétrants que les rayons α .

Les rayons γ sont comparables aux rayons X. Ce sont des radiations électro-magnétiques d'une puissance de pénétration étonnante. Une épaisseur de plusieurs centimètres d'une substance dense (plomb, par exemple) suffit à peine à les arrêter. Ils traversent facilement le corps humain.

Cette émission spontanée d'énergie sous forme de rayonnement α , dès l'origine, fort intrigué les physiciens. On admet aujourd'hui que cette libération d'énergie accompagne une transformation des atomes composant les corps radioactifs.

C'est la théorie dite des *transformations radioactives*. Envisagée premièrement par P. et M^{me} Curie, cette théorie a été fermement établie dans la suite par les travaux des savants anglais Rutherford et Soddy. En substance, cette théorie est la suivante :

« Un atome d'une substance radioactive se transforme en émettant un rayonnement pour donner un atome d'un autre radio-élément ; celui-ci se transforme à son tour en un troisième radio-élément, et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un atome stable. »

Il s'ensuit des filiations entre les divers

radio-éléments. Par des travaux importants et fort délicats entrepris dans les laboratoires de différents pays, on s'est préoccupé d'éclaircir le mystère de cette généalogie des corps radioactifs.

Aujourd'hui, cette classification est à peu près achevée.

On classe les radio-éléments en trois familles :

- 1^o Famille de l'uranium et du radium ;
- 2^o Famille de l'actinium ;
- 3^o Famille du thorium et du mésothorium.

Voici, à titre d'exemple, les différents termes de la famille de l'uranium et du radium. Dans le tableau page 8, chaque

élément radio-actif provient de la transformation de l'élément qui précède. En regard de chacun des éléments est indiquée la composition du rayonnement qu'il émet.

Une loi générale règle la transformation d'un radio-élément en l'élément suivant. Si l'on considère une quantité quelconque d'un radio-élé-

ment, on voit que la moitié de cette quantité se transforme pendant un temps bien déterminé.

Pour l'élément appelé « émanation du radium », par exemple, cette période de temps est de quatre jours environ. Donc si l'on isole une certaine quantité d'« émanation du radium », on remarquera qu'après quatre jours il ne reste plus que la moitié de cette quantité ; au bout de huit jours, le quart ; au bout de douze jours, le huitième. Au bout d'un mois, toute l'émanation aura pratiquement disparu.

Il existe des éléments dont les périodes de transformation sont bien plus longues ou plus courtes. C'est ainsi qu'il est maintenant démontré que le radium ne se transforme par moitié qu'en mille sept cents ans environ.

Le tableau de la généalogie porte l'indication des périodes de transformation relatives à chaque élément.

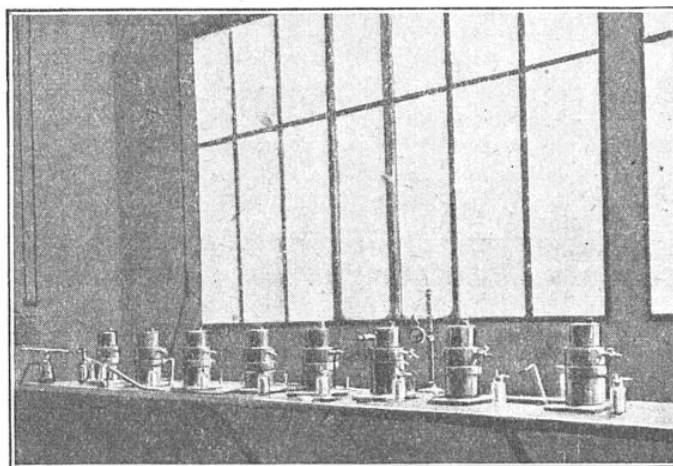


FIG. 7. — LABORATOIRE INDUSTRIEL DE MESURES
Salle des électroscopes de l'usine de Nogent-sur-Marne.

La notion d'isotopie est née de l'étude des éléments radioactifs

Tous les termes de cette famille sont des corps solides, sauf l'émanation, qui est un gaz. On a, d'ailleurs, étudié et précisé les propriétés chimiques de tous ces éléments. L'effort ainsi accompli sur cette branche particulière de la chimie a permis d'aboutir récemment à la notion très étonnante de l'*isotopie*, applicable à tous les éléments connus, qu'ils soient ou non radioactifs.

ÉLÉMENTS RADIOACTIFS	COMPOSITION DU RAYONNEMENT	PÉRIODE DE 1/2 TRANSFORMATION
Uranium I.....	α	$4,67 \times 10^9$ ans
Uranium X ₁	β	24, 6 jours
Uranium X ₂	β	1, 15 minutes
Uranium II.....	α	2×10^6 ans (?)
Ionium.....	α	7×10^4 ans
Radium.....	α	1.700 ans
Emanation du radium (ou radon)...	α	3, 85 jours
Radium A.....	α	3 minutes
Radium B.....	β	26, 7 minutes
Radium C.....	$\beta + \gamma$	19, 5 minutes
Radium C'.....	α	10^{-6} seconde (?)
Radium D.....	β	16, 5 ans
Radium E.....	β	5 jours
Radium F (ou polonium).....	α	136 jours
Plomb du radium...	Pas de rayonnement	Stable

TABLEAU DES ÉLÉMENTS RADIOACTIFS AVEC LEURS PÉRIODES DE TRANSFORMATIONS

Jusqu'à ces temps derniers, il était admis que les propriétés d'un élément quelconque dépendaient du poids de son atome. Inversement, on ne soupçonnait pas l'existence de corps ayant des poids atomiques différents, tout en ayant les mêmes propriétés. L'étude des éléments radioactifs a mis en évidence de nombreux cas démontrant l'existence de tels corps.

Ce sont ces corps qu'on désigne sous le nom d'isotopes. Dans la classification chimique générale la plus connue, celle de Mendéléef, les corps isotopes seront groupés dans la même case (*iso*, même ; *tope*, place).

La transmutation spontanée de la matière

Le tableau généalogique des éléments nous fait assister à une transformation graduelle de l'atome. Mais cette transforma-

tion est, ainsi que nous l'avons dit, naturelle et spontanée. Si nous étions maîtres de produire à notre gré ces transformations, la transmutation des métaux, ce vieux rêve des alchimistes, se trouverait ainsi réalisée.

Tout dernièrement encore, cette possibilité semblait devoir nous échapper pour longtemps. Dans de récentes expériences de laboratoire, le savant anglais bien connu Rutherford a obtenu des transformations artificielles d'atomes. Mais il faut bien dire qu'on est encore loin d'avoir résolu le problème en vue d'applications pratiques.

C'est encore l'étude des actions dues aux rayons α qui est à la base de ces découvertes.

La radioactivité éclaire le problème de la constitution de la matière

Rutherford a d'abord établi l'existence dans chaque atome d'un noyau central portant une charge électrique positive. Autour de ce noyau gravitent des « électrons », particules d'électricité négative, dont la masse est bien plus faible que celle du noyau.

L'ensemble peut être comparé au système solaire.

En soumettant divers éléments (azote, bore, fluor, cadmium, aluminium, phosphore) à un « bombardement » de particules α , Rutherford a trouvé qu'il se produisait une émission de noyaux d'atomes d'hydrogène. Ces noyaux d'hydrogène ont été ainsi séparés des atomes soumis au bombardement.

Dans ces expériences, on ne libère qu'un très petit nombre d'atomes d'hydrogène.

Les phénomènes cosmiques se rattachent à la radioactivité

Comme on peut le supposer, on s'est efforcé d'appliquer nos connaissances en radioactivité à l'étude de certains *phénomènes cosmiques*, dont l'explication nous échappait.

C'est ainsi que les données de l'astrophysique nous conduisent à admettre que l'énorme quantité d'énergie rayonnée par les étoiles doit provenir de transformations atomiques.

Il se pourrait que cette énergie fût libérée à la suite de désintégrations d'atomes, suivant un processus analogue à celui de la transformation spontanée de l'uranium en radium, puis en plomb, indiquée dans le tableau généalogique. Mais il est plus probable que cette libération d'énergie accompagne la condensation d'atomes légers en atomes plus lourds.

Dans ce domaine d'études, il faut signaler la découverte récente de *rayons cosmiques*, dont le rôle est peut-être des plus importants.

Ces radiations sont les plus pénétrantes parmi toutes celles que l'on connaît. Dans la gamme des radiations électromagnétiques, déjà étendues par la découverte des rayons γ , les rayons cosmiques viendraient à la suite de ces derniers.

L'étude de ces rayons, dont l'existence était déjà soupçonnée depuis plusieurs années, a avancé d'un grand pas à la suite des travaux récents du physicien américain Millikan.

Cette radiation est plus forte aux altitudes élevées qu'au niveau des mers, ce qui conduit à lui supposer une origine d'ordre cosmique. On a, par suite, émis l'hypothèse que des rayons excessivement pénétrants pourraient être produits au moment de la formation des nébuleuses, accompagnant la transmutation d'hydrogène en hélium (1).

Cet exposé, forcément assez bref, permettra cependant au lecteur de se rendre compte de l'importance du progrès scientifique apporté par l'étude des phénomènes de radioactivité. Encore a-t-on dû passer sous silence certains résultats théoriques

(1) Voir à ce sujet l'article de M. J. Labadié, paru dans le n° 112, d'octobre 1926, de *La Science et la Vie*.

intéressants, comme ceux apportés par l'examen approfondi des propriétés du rayonnement radioactif. En particulier, l'étude des rayons β de grandes vitesses a été un des points de départ de la « théorie de la relativité », et l'on sait combien cette théorie passionne actuellement le monde savant.

Recherches et applications thérapeutiques

Au point de vue de son action sur la matière vivante, le radium se signala d'abord à l'attention des savants et des médecins par quelques accidents fortuits : brûlures superficielles, qui mirent en évidence le pou-

voir destructeur de ces rayons.

Tout naturellement, on pensa alors à utiliser cette propriété pour la destruction des tissus malades. Les premières tentatives d'application furent faites à l'hôpital Saint-Louis, à Paris, pour le traitement de certaines maladies de la peau.

Après des années d'observations et d'études, l'utilisation thérapeutique des radio-éléments s'est fortement développée ; c'est, à l'heure actuelle, le principal débouché de l'industrie des corps radioactifs.

C'est surtout pour le traitement de certaines variétés de cancer que l'on emploie le rayonnement du radium.

Mais il n'est pas possible ici de pénétrer plus avant dans le domaine des sciences thérapeutiques.

Notons simplement que, pour ces applications, le sel de radium est le plus souvent réparti dans de petits appareils de formes diverses, dont la préparation et le remplissage exigent beaucoup d'adresse et de soins.

Les peintures lumineuses sont à base de radium

Produits lumineux radioactifs. — Il existe un certain nombre de corps qui possèdent la curieuse propriété d'absorber de la lumière pour la restituer bientôt après, jouant ainsi

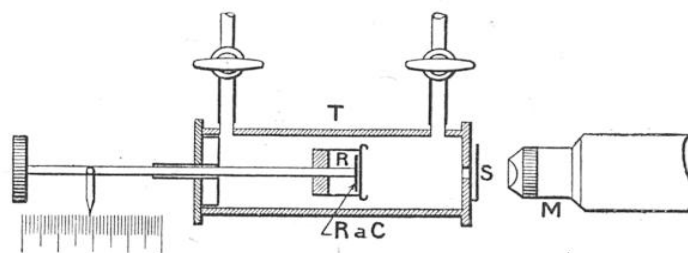


FIG. 8. — APPAREIL DE SIR E. RUTHERFORD POUR PRODUIRE LA DÉSINTÉGRATION ARTIFICIELLE DES ÉLÉMENTS PAR LES PARTICULES α

La source de rayons α est un dépôt de « radium C » recouvrant la surface du disque R. Une feuille mince de la substance est soumise au bombardement des particules α . Les particules H d'hydrogène viennent frapper l'écran de sulfure de zinc S, où elles produisent des scintillations, que l'on compte à l'aide du microscope M. La distance de la source à l'écran peut être modifiée. Tout l'appareil est placé dans un champ magnétique intense, qui élimine les rayons β de la source radioactive.

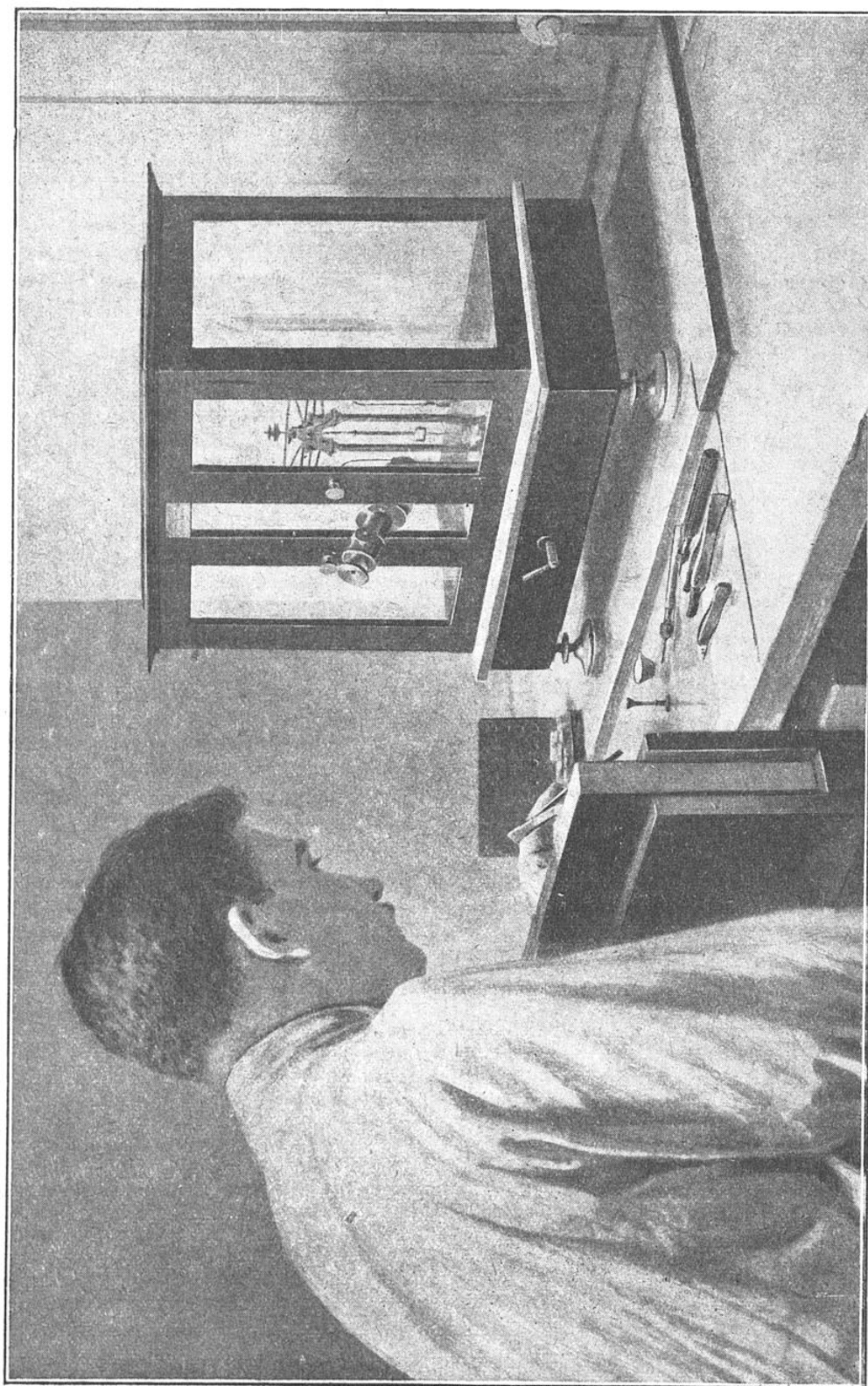


FIG. 9. — LE REMPLISSAGE DES TUBES DE RADIUM EST UNE OPÉRATION DÉLICATE

Pour l'usage thérapeutique, le sel de radium est le plus souvent enfermé dans de petits tubes de platine, dont le conditionnement exige le plus grand soin.
(Photographie prise dans les laboratoires « Sarad ».)

le rôle de véritables « accumulateurs de lumière ». Ces substances sont dites phosphorescentes ; les plus connues sont le sulfure de zinc, à phosphorescence jaune verdâtre, et le sulfure de calcium, à phosphorescence violet pâle.

Ces substances, le sulfure de calcium en particulier, sont connues depuis fort longtemps, mais leur préparation a été très améliorée au cours de ces dernières années.

La phosphorescence s'observe habituellement de la manière suivante : un objet enduit de la substance phosphorescente est exposé pendant quelques minutes à une vive lumière, au soleil par exemple, puis placé dans l'obscurité. On remarque alors une belle luminescence, qui, malheureusement, baisse assez vite ; au bout de quelques heures, elle a pratiquement disparu.

Cette luminosité est donc éphémère, et c'est là un très grave inconvénient, qui limite fort les utilisations de ces corps.

On est arrivé à obtenir un produit à luminosité permanente en incorporant au sulfure de zinc une très faible quantité de radium. Le sulfure de zinc radifère n'a pas besoin d'être exposé à la lumière pour devenir lumineux. L'énergie des rayons α du radium exerce ici une action analogue à celle des rayons solaires.

La quantité de radium incorporée est généralement comprise entre un centième de milligramme et un dixième de milligramme par gramme

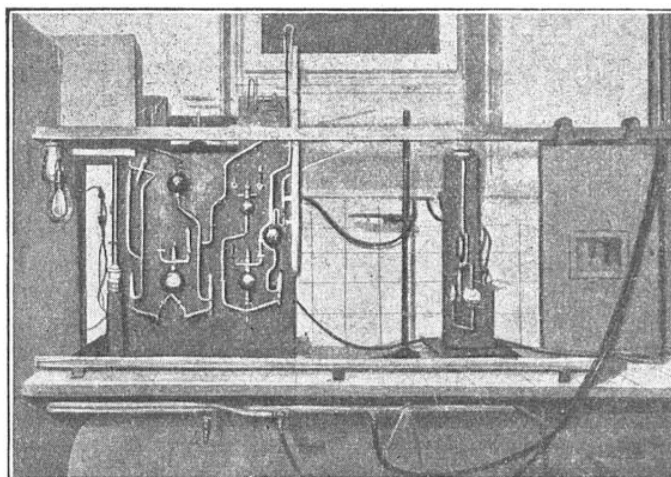


FIG. 10. — APPAREIL SERVANT A L'EXTRACTION, A LA PURIFICATION ET A LA CONCENTRATION DE L'ÉMANATION
La solution de radium se trouve dans un coffre en maçonnerie blindé intérieurement de plomb et dont on voit une face latérale à gauche de la photographie. L'émanation est, en fin d'opération, concentrée dans un mince tube capillaire en verre (de 0,4 millimètre de diamètre extérieur) que l'on aperçoit à peine sur la photographie, obliquement dirigé au centre de la photographie, sous la barre transversale. Ce capillaire, sectionné au chalumeau en petits segments, fournit les minuscules tubes d'émanation que l'on utilise en thérapeutique.

de sulfure. Les luminosités ainsi obtenues sont faibles ; elles s'évaluent en millionièmes de bougie par centimètre carré de surface lumineuse ; c'est cependant suffisant pour certaines applications.

On pourrait augmenter cette luminosité en augmentant la quantité de radium présente dans le sulfure, mais ce serait au détriment de la conservation du produit, le radium exerçant à la longue une action destructrice ; il faut aussi compter avec le prix très élevé du radium.

Le sulfure de zinc lumineux se présente sous l'apparence d'une poudre fine. Au moment de l'application, on le délaie dans un vernis approprié, de façon à obtenir une sorte de peinture. Cette peinture sera étendue sur les surfaces à rendre lumineuses à l'aide d'un bâtonnet ou d'un petit pinceau.

Avec un grammé de sulfure lumineux, on peut recouvrir environ 25 centimètres carrés.

L'application la plus courante est celle qui consiste à rendre lumineux les cadrans et aiguilles des montres et des pendules. Pour permettre une lecture aisée, il faut ici employer des produits contenant de 0 mgr. 02 à 0 mgr. 05 de radium par gramme ou des produits au « mésothorium », de luminosité équivalente ; pour une montre d'homme, le prix de revient est de quelques francs.

On peut aussi rendre lumineuses des graduations d'indicateur de niveau ou d'appareils divers.

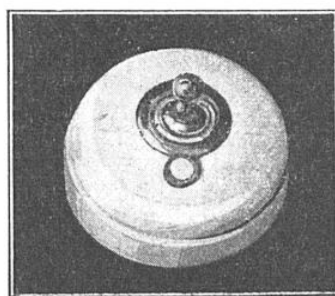


FIG. 11. — CE COMMUTATEUR ÉLECTRIQUE EST RENDU LUMINEUX AU MOYEN DE SULFURE DE ZINC RADIFÈRE

Il est commode d'indiquer l'emplacement d'un commutateur électrique ou d'un bouton de sonnerie à l'aide d'un point de repère lumineux.

Dans les appareils astronomiques, une application intéressante a été faite aux fils réticulaires des lunettes et télescopes.

De très nombreuses applications furent faites pendant la guerre surtout aux instruments de visée des canons et mitrailleuses, qui portèrent des pastilles lumineuses. On se servit couramment de bandes lumineuses éclairant par dessous les niveaux de réglage des canons, la bulle du niveau se détachant ainsi nettement.

Pour les vols de nuit, l'aviation a beaucoup employé les produits lumineux sur les boussoles, altimètres, etc...

Comme on le voit, toutes ces applications sont faites sur de petites surfaces et utilisées sous la condition d'une obscurité presque totale.

Lorsqu'on possède un objet portant du sulfure de zinc radifère et que l'on désire observer dans l'obscurité la luminosité permanente émise par le sulfure, il faut se souvenir que deux causes risquent de fausser une appréciation trop rapide. D'une part, si le sulfure a été exposé à la lumière, la phosphorescence ainsi acquise s'ajoute à celle provoquée par la matière radioactive ; d'autre part, l'œil adapté à la vive lumière du jour est peu sensible aux faibles luminosités. Il convient donc de demeurer dans un local obscur avec l'objet à examiner un quart d'heure au moins avant l'observation pour se faire une opinion exacte.

Le radium joue un rôle efficace en agriculture

Les premiers essais d'utilisation de la radioactivité pour favoriser le développe-

ment des végétaux furent effectués, en 1909, à la Station de Physique végétale de Meudon.

Les résultats obtenus furent favorables.

Ayant mêlé à la terre des sels faiblement radioactifs, on constata sur diverses plantes (blé, haricot, tabac, etc.) un développement remarquable de la végétation.

Par la suite, de nombreux expérimentateurs firent de nouveaux essais, mais ils obtinrent, en général, des résultats assez irréguliers, tour à tour encourageants ou décevants.

Il est, par conséquent, difficile de porter, à l'heure actuelle, un jugement définitif.

Dans la pratique, on rencontre de très grosses difficultés, provenant le plus souvent d'éléments étrangers qui viennent modifier les conditions d'une manière impré-

vue. On ne peut espérer obtenir dans un champ des résultats aussi réguliers qu'en des expériences de laboratoire.

Un certain nombre de points importants ont été cependant précisés. Tout d'abord, il ne faut pas considérer le corps radioactif comme un engrais, mais plutôt comme un

stimulant. Il y aurait lieu de l'ajouter aux engrais habituellement employés.

Étant donné le prix élevé du radium, on ne peut utiliser pour l'agriculture que des résidus radioactifs ou des minerais bruts trop pauvres pour être traités en vue de l'extraction du radium. Il faut veiller à ce que ces produits, résidus ou minerais, ne contiennent pas de substances nuisibles.

L'emploi de fortes proportions de stimu-

lant radioactif semble être spécialement permis en horticulture. La figure ci-contre est un exemple très remarquable des résultats que l'on peut ainsi espérer dans la culture de fleurs en pots.

MAURICE CURIE.

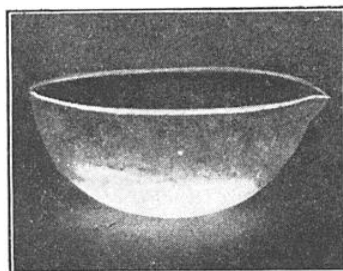


FIG. 12. — CAPSULE CONTENANT DU BROMURE DE RADIUM, PHOTOGRAPHIÉE EN CHAMBRE NOIRE PAR LA LUMINOSITÉ ÉMISE PAR LE RADIUM. (DIAMÈTRE DE LA CAPSULE : 350 MILLIMÈTRES)
(Cliché communiqué par les usines d'Oolen, Belgique.)

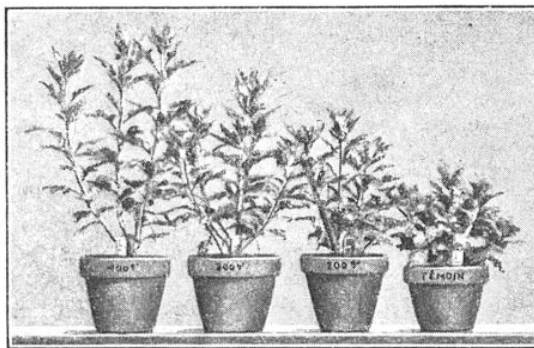


FIG. 13. — ACTION DE LA RADIOACTIVITÉ SUR LA VÉGÉTATION DES CHRYSANTHÈMES (EXPÉRIENCES DE L'ÉCOLE D'ALFORT, 1920)

Sur les pots sont indiquées les quantités de stimulant radioactif employées.

LE PRIX NOBEL DE PHYSIQUE (1926) VIENT D'ÊTRE ATTRIBUÉ AU SAVANT FRANÇAIS JEAN PERRIN

Par Marcel BOLL

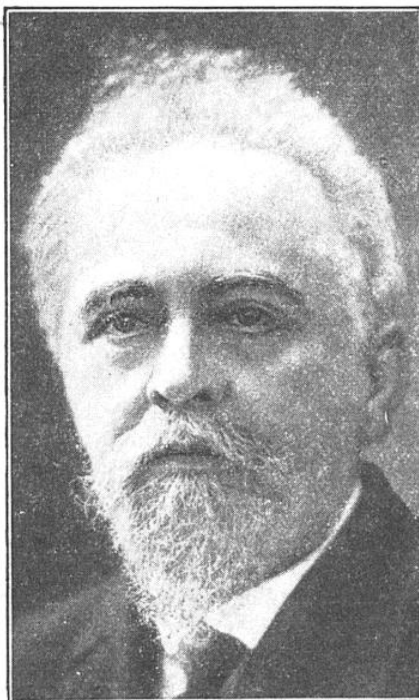
PROFESSEUR AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Un collaborateur de LA SCIENCE ET LA VIE vient, à la fin de l'année dernière, de recevoir le prix Nobel de physique pour 1926... Nos lecteurs ont, sans doute, souvenance des admirables articles que M. Jean Perrin rédigea à leur intention : Le monde des atomes et l'agitation moléculaire, Lumière et Matière, ce dernier publié en décembre 1924. En apprenant cette consécration mondiale, nous avons prié M. Marcel Boll, dont les travaux expérimentaux se rattachent par plus d'un point aux théories de M. Perrin, de mettre à la portée de tous l'œuvre capitale de notre illustre compatriote et d'évoquer la personnalité du savant, doué d'une des plus brillantes imaginations scientifiques de ce temps.

La carrière scientifique de Jean Perrin

JEAN PERRIN, lauréat du Prix Nobel de Physique... Heureuse nouvelle, que nous apprimes — qu'il apprit lui-même — par les quotidiens ; nouvelle qui nous combla d'aise, amis, collègues et élèves, et qui inspira une légitime fierté à tous les Français...

Fils d'un officier d'artillerie, Jean-Baptiste Perrin naquit à Lille, le 30 septembre 1870 ; après trois ans passés à l'Ecole Normale Supérieure, il fut reçu à l'agrégation des sciences physiques (1894), puis prépara sa thèse de doctorat ès sciences, qu'il passa en 1897 (*Rayons cathodiques et rayons Röntgen*). Chargé du cours de chimie-physique à la Sorbonne, dès l'année suivante, il fut nommé professeur (1910), quand cet enseignement devint l'objet d'une chaire magistrale. Pendant la guerre, il s'occupa des recherches et inventions intéressant la défense nationale, plus spécialement du « repérage par le son ». Membre des Conseils de l'Institut Solvay à Bruxelles, membre de la Société royale de Londres et de la « Royal



M. JEAN PERRIN

Institution », il fut successivement élu aux Académies des Sciences de Turin, de Stockholm, de Paris (juin 1923) et de Leningrad, après avoir été maintes fois lauréat de ces diverses sociétés savantes. Jean Perrin est un maître dans toute l'acception du mot, adoré de ses collaborateurs, qu'il traite en camarades, et parmi lesquels il compte son fils, Francis Perrin, jeune savant très distingué. Pourvu d'une aménité charmante, d'un enthousiasme côtoyant le lyrisme, d'une des plus puissantes imaginations scientifiques de notre époque, Jean Perrin nous montre combien l'activité créatrice du savant peut être proche parente du génie de l'artiste.

Les rayons cathodiques

Au moment où le jeune Perrin débuta dans la recherche scientifique — il n'avait pas encore vingt-cinq ans — les *rayons cathodiques* étaient connus, découverts par l'Allemand Hittorf, juste un quart de siècle plus tôt. Mais, malgré les efforts de grands savants, comme W. Crookes, comme H. Hertz, comme Ph. Lenard, la nature de ces rayons

restait mystérieuse ; comme jadis pour la lumière, on hésitait entre la théorie de l'émission et la théorie ondulatoire.

Là où ses prédécesseurs avaient échoué, Jean Perrin réussit, parce qu'il se souvint au bon moment du moyen dont nous disposons pour définir et mesurer la charge électrique et, aussi, parce qu'il fut assez adroit pour réaliser l'expérience dans le vide, nécessaire à la production de ces rayons.

Notre figure 1 schématise le montage, devenu classique, de Perrin : une source d'électricité donnant quelques dizaines de kilovolts (machine électrostatique, bobine d'induction, commutateur tournant) a son pôle négatif réuni à une des électrodes du tube, c'est la cathode ; l'autre électrode est reliée au pôle positif et au sol (canalisation d'eau). Ceci posé, le jeune physicien fit pénétrer les rayons cathodiques dans une enceinte métallique qui communiquait avec les feuilles d'or d'un électroscope, et qui était protégée contre toute « influence » extérieure par une seconde enceinte « mise à la terre ». Il commençait par charger les feuilles d'or d'électricité négative (ou positive) et, en « faisant marcher le tube », il constatait que l'écart des feuilles d'or augmentait dans le premier cas (qu'il diminuait dans le second). Aucun doute n'était plus permis : les rayons cathodiques transportent de l'électricité négative.

On sait aujourd'hui que cette électricité, que Jean Perrin fut le premier à mettre en évidence, est de l'électricité pure ou, mieux, des électrons libres ; ses travaux ont été le point de départ d'une suite de recherches théoriques, qui, par surcroît, aboutirent aux lampes à trois électrodes, organes essentiels des postes radiophoniques.

L'énergétique

Au cours de son enseignement à la Sorbonne, Perrin se préoccupa de préciser les

bases mêmes de la physique et, en collaboration avec Paul Langevin, il proposa des énoncés extrêmement généraux, synthétiques et philosophiques des principes fondamentaux. Le principe de la conservation de l'énergie revient à affirmer ceci : *Lorsqu'on sait enchaîner deux transformations, absolument quelconques, de façon que l'une soit la seule répercussion de l'autre, il est impossible*

d'obtenir du même coup une transformation complémentaire, à moins que cette dernière ne soit instable ou indifférente. Le principe de Carnot devient, avec Langevin et Perrin, un principe d'évolution, qui renferme une signification très suggestive : Quand une transformation est réalisable spontanément, la transformation inverse ne l'est pas.

La matière dispersée

Entre le début de ce siècle et la Grande Guerre, Jean Perrin s'intéressa particulièrement à la matière sous sa forme dispersée, c'est-à-dire aux couches très minces (couches monomoléculaires et couches formées par la superposition d'un petit nombre de molécules) et, surtout, aux masses de très petits volumes, qui, en suspension dans les liquides, ne sont autres que les micelles colloïdales. Il fut l'un des premiers à montrer que les suspensions colloïdales

— comme la colle forte et l'encre de Chine — sont en équilibre sous la double influence des attractions moléculaires et des répulsions résultant de leur constante électrisation ; c'est donc à Perrin que sont dues, pour une bonne part, les quelques idées nettes que nous possédons sur la floculation et la peptisation des colloïdes (1), dont on sait les immenses applications, tant biologiques qu'industrielles.

Mais les principales préoccupations de Perrin furent alors d'un autre ordre : frappé par l'importance croissante que prenaient les théories atomique et moléculaire, notre

(1) La peptisation est la mise en solution d'un colloïde, et la floculation, son retour à l'état solide.

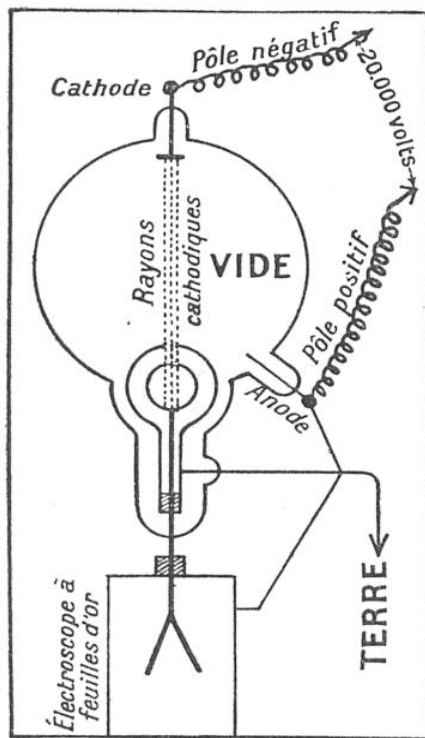


FIG. 1. - LA PREMIÈRE EXPÉRIENCE DE JEAN PERRIN (1895)

C'est ainsi qu'on démontre que les rayons cathodiques transportent de l'électricité négative.

compatriote s'appliqua à convaincre les plus sceptiques, en leur faisant toucher du doigt la *réalité objective des molécules*.

Dans ce but, il eut recours aux *mouvements browniens*, découverts, il y aura bientôt un siècle, par le botaniste anglais Brown : lorsqu'une parcelle (solide ou liquide) est en suspension dans de l'eau, elle est le siège d'une agitation désordonnée, parfaitement incohérente, d'autant plus intense que les dimensions sont plus minimales ; de même, un bouchon obéit, mieux qu'un transatlantique, aux vagues de la mer. Ici, les vagues sont les mouvements des molécules, qui assaillent la parcelle de tous côtés ; Perrin mesura donc les déplacements des parcelles visibles (fig. 2) sous l'influence des molécules invisibles et, en appliquant les calculs d'Einstein et de Smoluchowski (1), il déduisit le nombre des molécules présentes dans une portion de matière quelconque, par exemple dans une goutte d'eau. Le nombre obtenu est tellement fantastique que, si nous étions capables de séparer toutes les secondes des tas d'un milliard de molécules, nous ne viendrions à bout de notre goutte d'eau qu'après quarante siècles... Ces expériences ont été relatées en détail, pour le grand public, dans un livre vivant et bien écrit, que Perrin a intitulé *les Atomes* (Alcan), qui connut déjà seize éditions et où on comprendra l'étonnante convergence des déterminations moléculaires.

(1) Savant polonais (1872-1917).

La radiochimie

Les recherches actuelles de notre physicien ont trait au mécanisme des réactions chimiques et à la fluorescence, à cette réémission de lumière latérale, souvent verdâtre ou bleuâtre, qui cesse d'ailleurs dès qu'on n'éclaire plus les corps par de la lumière directe.

Jean Perrin crut d'abord que les molécules étaient toujours rendues actives par

une absorption de lumière et que la fluorescence était inséparable d'une destruction de la matière ; mais, avec cette probité scrupuleuse du savant, il rectifia ces deux idées sous la poussée des faits expérimentaux et des objections de ses collègues. Le mécanisme des réactions chimiques repose sur cette mystérieuse *théorie des quanta*, à laquelle je faisais allusion dernièrement (1), et les nouvelles conceptions auront sans doute des retentissements pratiques inattendus, en substituant — je cite textuellement — « à l'action brutale et confuse de la mêlée moléculaire, un outil délicat produisant l'activation voulue et seulement celle-là ».

Telle est l'œuvre de l'homme que l'Académie Nobel a distingué entre ses pairs, en le désignant à l'admiration des intellectuels du monde entier et en lui attribuant un prix qui atteint presque un million de francs.

MARCEL BOLL.

(1) *La Science et la Vie*, Les préoccupations scientifiques de l'heure présente, décembre 1926, page 454.

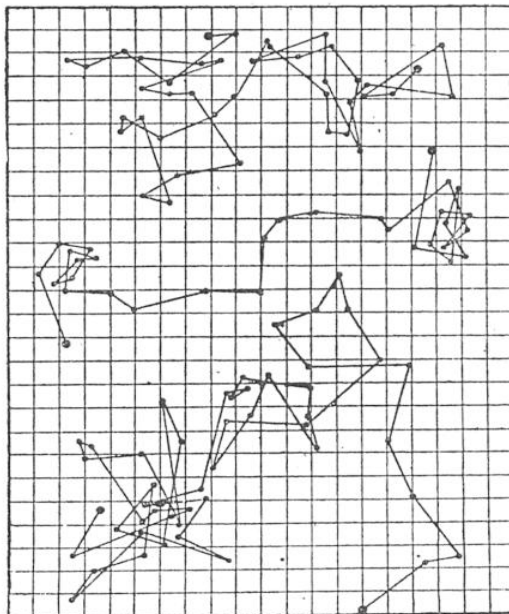


FIG. 2. — COMMENT JEAN PERRIN EST PARVENU A DÉNOMBRER LES MOLÉCULES

La figure représente les trajectoires de trois particules de gomme-gutte quand on les pointe au microscope.

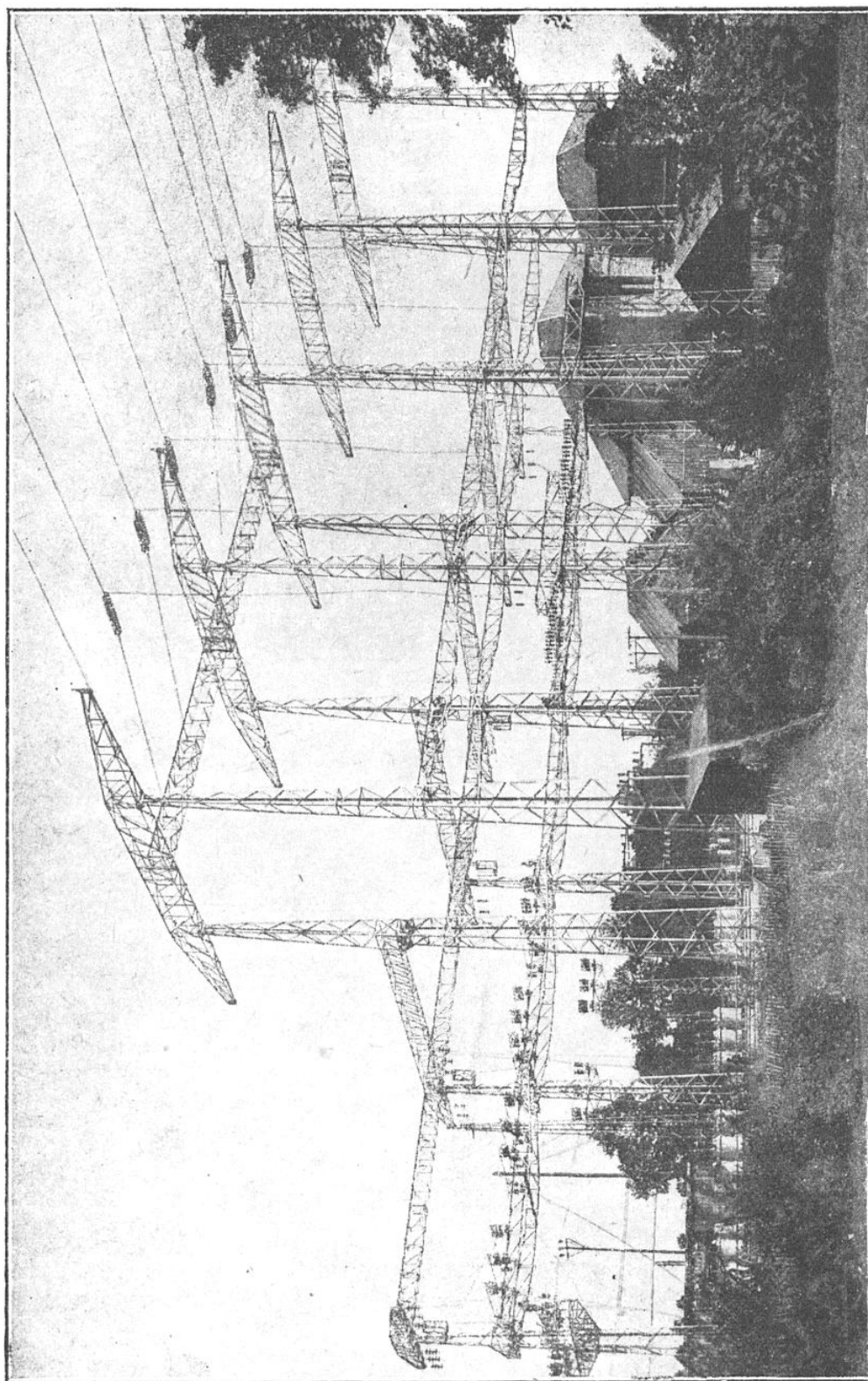


FIG. 1. — VUE D'UN POSTE « OUT-DOOR » (« OUT-DOOR » VEUT DIRE « DE LA PORTE OUVERTE ») DES CHEMINS DE FER DU MIDI
Le courant électrique de la grande ligne à 150.000 volts est abaissé à 60.000 volts par les transformateurs placés à l'air libre, pour être réduit à 1.500 volts dans les sous-stations réparties le long des voies ferrées.

LA TRES HAUTE TENSION ET L'ÉLECTRIFICATION GÉNÉRALE DE LA FRANCE

Par L.-D. FOURCAULT

On sait que la puissance d'un courant électrique dépend de son intensité (ou ampérage) et de sa tension (ou voltage). On sait, d'autre part, que lorsqu'un courant passe dans un conducteur, il importe que ce dernier ne s'échauffe pas d'une façon anormale pour éviter sa détérioration et les pertes de puissance ; aussi doit-on lui donner une section appropriée en fonction du nombre d'ampères. Il y a donc intérêt, pour le transport de l'énergie électrique, à réduire l'ampérage (intensité) et à accroître le voltage (tension). Plus la tension sera haute, moins la section du câble conducteur sera grande, d'où, dans la pratique, utilisation de fils moins gros et moins chers, moins lourds pour les supports de lignes. Les courants ainsi transportés sont dits à haute tension. On ne peut les produire directement dans les génératrices à courant alternatif (alternateurs), car ce problème d'électrotechnique présente, dans la pratique, des difficultés qu'il n'est d'ailleurs pas nécessaire de vaincre, puisqu'un autre procédé nous conduit avantageusement au même résultat. Celui-ci est obtenu au moyen des transformateurs, appareils qui permettent d'élever la tension en diminuant l'intensité pour une puissance donnée. On conçoit qu'un tel procédé permette le transport de l'énergie électrique à très haute tension à grande distance dans des conditions particulièrement économiques. Il suffit donc d'établir des transformateurs éleveurs de tension au point de départ, à l'usine génératrice, et d'autres, abaisseurs de tension, à l'arrivée à l'usine d'utilisation. Tel est tout le problème de la haute tension que notre collaborateur spécialiste expose ici à propos des grands postes de transformation, que chacun a pu voir sur les grandes routes françaises, en vue de l'électrification de notre pays

ON voit, actuellement, construire, le long de nos voies ferrées, et même en rase campagne, de vastes installations électriques, aux appareils gigantesques dont l'accès est formellement interdit : « danger de mort ». A première vue, on se demande pourquoi des postes électriques puissants sont ainsi disséminés loin des centres industriels, et comment il se fait que des appareils si coûteux et si dangereux soient laissés en plein vent, sans protection contre les intempéries, par ailleurs si redoutables aux lignes électriques.

Ce n'est, d'ailleurs, pas en vue de l'électrification des campagnes que sont édifiés ces grands postes à haute tension, mais plutôt pour alimenter ou relier les grands réseaux de transport de force, dont la clientèle urbaine et industrielle restera encore longtemps la plus importante. Les transports d'énergie électrique à grande distance se font sous des tensions de plus en plus élevées, afin de diminuer la grosseur des fils conducteurs et, par suite, les frais de premier établissement. Alors qu'on considérait 30.000 volts comme une « très haute tension » il y a une quinzaine d'années, on établit maintenant des lignes à 220.000 volts (tension du

grand réseau de l'Ouest des États-Unis). Une pareille tension n'est pas encore atteinte en France, mais, cependant, la ligne établie pour l'électrification du chemin de fer du Midi fonctionne déjà à 150.000 volts, et les grandes lignes destinées à relier entre eux les principaux réseaux électriques français sont en cours d'établissement pour une tension de 120.000 volts.

Le problème du transport à grande distance de l'énergie électrique

Les transports d'énergie électrique à longue distance (jusqu'à 400 ou 500 kilomètres) se multiplient, pour les raisons suivantes :

1° On concentre la production de l'électricité dans des centrales puissantes (100.000 à 300.000 kilowatts) en vue d'obtenir un rendement économique des machines et du personnel ;

2° Ces centrales sont placées près des mines de charbon ou aux points d'approvisionnement faciles, plutôt qu'aux centres de distribution du courant, car ce dernier est d'un transport plus économique que le combustible ;

3° Les centrales hydroélectriques sont

nécessairement installées dans les montagnes, loin des centres urbains, où il faut porter le courant ;

4° Il devient nécessaire d'assurer la liaison ou « interconnexion » des grandes centrales, ou réseaux, entre eux, afin de mieux utiliser la puissance des machines génératrices par l'équilibre de la production et de la consommation. Le coefficient d'utilisation des installations joue un grand rôle dans le prix de revient du courant, surtout pour la pro-

mieux utiliser les forces hydrauliques.

Du choix de la tension du courant dépend l'économie du transport d'énergie

La base économique d'établissement des lignes électriques est résumée par la règle de lord Kelvin : « La section la plus économique est celle pour laquelle les charges annuelles dues à l'amortissement des câbles mis en place sont égales au prix de l'énergie consommée annuellement par effet joule (pertes

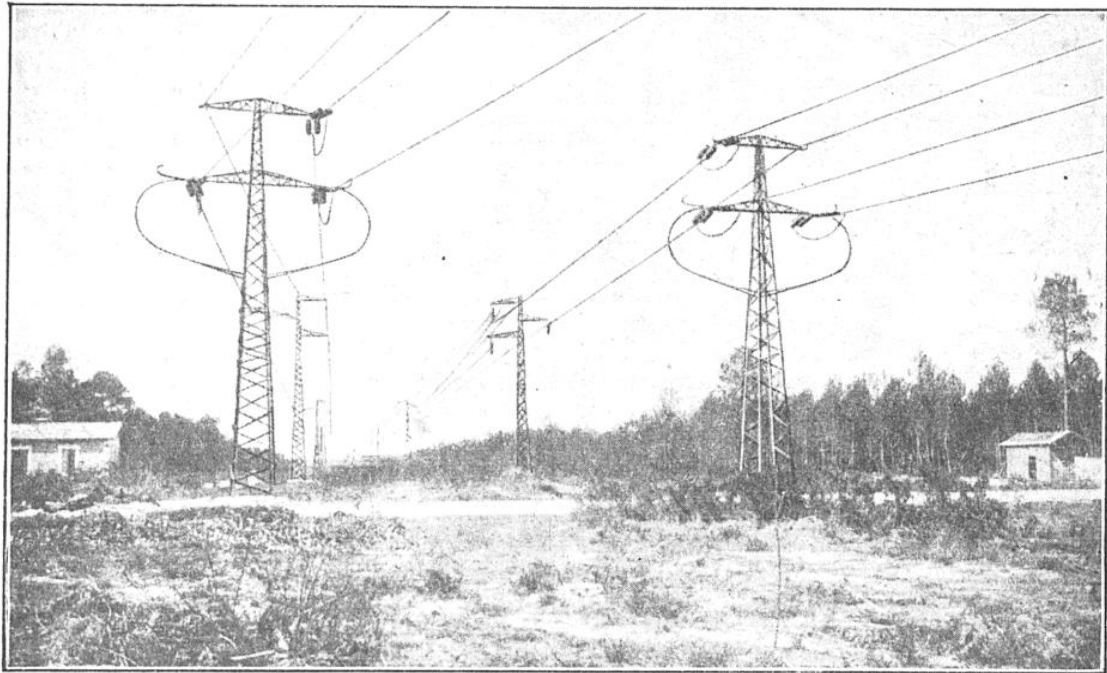


FIG. 2. — LIGNE DOUBLE A 150.000 VOLTS, ÉTABLIE PAR LES CHEMINS DE FER DU MIDI ENTRE BORDEAUX ET DAX

Les lignes sont établies sur pylônes de 20 mètres de hauteur, espacés de 200 mètres. La puissance transportée peut atteindre 100.000 kilowatts.

duction hydraulique. C'est ainsi que le prix de revient du courant provenant des forces du Rhône pourra varier, par exemple, de 1 franc le kilowatt, s'il est utilisé pendant 1.500 heures par an, à 0 fr. 50 pour 3.000 heures et 0 fr. 20, si les 8.700 heures de production trouvaient leur emploi régulier.

La liaison des réseaux électriques fait l'objet de mesures administratives dans les grands pays industriels. En voie de réalisation en France, en Italie, en Allemagne, elle est rendue obligatoire en Angleterre, aux États-Unis; un réseau de « super-power » est en constitution dans la région industrielle des Grands Lacs et de la côte atlantique, pour économiser le combustible et

dans les conducteurs par suite de leur *résistance*). »

L'intérêt majeur d'élever la tension le plus possible réside dans le fait qu'en doublant la tension d'une ligne, on transmet une puissance *quadruple* à la même distance (ou une même puissance à une distance quadruple) avec le même rendement. Lorsqu'une ligne est arrivée à sa limite de capacité de transport, par suite de l'accroissement de la consommation, il suffit donc de doubler la tension du courant au départ pour ramener sa charge au quart, d'où extension énorme de la puissance sans autre dépense que le renforcement des isolateurs. C'est ce que viennent de réaliser les réseaux de Califor-

nie en portant la tension de leurs grandes lignes de 110.000 à 220.000 volts.

Pour diriger et répartir ces énormes puissances électriques, il faut construire des postes de départs, d'arrivées et de jonctions de lignes comportant, en outre des transformateurs élévateurs ou abaisseurs, des appareils de manœuvre et de protection nécessairement très importants. Les grandes lignes sont, en effet, fort exposées à la foudre et les décharges, court-circuits, même les coupures partielles y créent des surtensions ou ondes très destructrices pour les transformateurs et les machines génératrices.

On sait que les conducteurs électriques qui ne sont pas recouverts d'un isolant doivent être tenus écartés à une distance qui augmente avec la tension du courant qui les parcourt. Or, les lignes à très haute tension étant établies en fils nus, la distance nécessaire entre conducteurs peut varier de 1 mètre jusqu'à

3 mètres, selon la tension du courant. De tels écartements sont nécessaires pour diminuer l'induction électrique, aussi bien que pour éviter tout amorçage d'arcs entre conducteurs, ou entre ceux-ci et leurs supports. Dans ce dernier cas, il se produirait la mise à la terre du courant, origine d'accidents pour les machines électriques et pour les personnes.

Sur les lignes elles-mêmes, ces sujétions d'espacement des fils se traduisent d'abord

par une plus grande importance des pylônes supports, qui atteignent ainsi des hauteurs de 20 à 25 mètres. Cet inconvénient n'est d'ailleurs que relatif, puisqu'il devient possible de diminuer le nombre de ces pylônes en allongeant les portées des fils dont le diamètre est faible.

Les postes à haute tension exigent un appareillage coûteux et gigantesque

Mais des difficultés d'installation sont

apparues rapidement dans les postes fixes où il s'agit de relier plusieurs lignes entre elles, ou bien de desservir des lignes secondaires quelquefois nombreuses. Lorsque la puissance est importante, on construit généralement deux lignes à trois fils, afin que la rupture d'un conducteur ne suffise pas à interrompre tout courant. Entre fils ou supports l'écartement étant au minimum de 0 m.60, et devant être accru de 2 centimètres par 1.000 mètres à partir de 60 kilovolts (on se sert de ce terme pour désigner les 1.000 volts),

on voit l'emplacement considérable nécessaire pour le croisement de plusieurs lignes et le branchement des accessoires obligés : sectionneurs, disjoncteurs, parafoudres, etc.

Pour donner une idée de l'importance de l'appareillage nécessaire pour les tensions de 100.000 à 200.000 volts, signalons que certains interrupteurs-disjoncteurs occupent des cuves remplies d'huile de 3 mètres de haut, tandis que des transformateurs s'élèvent à plus de 4 mètres, ces hauteurs s'aug-

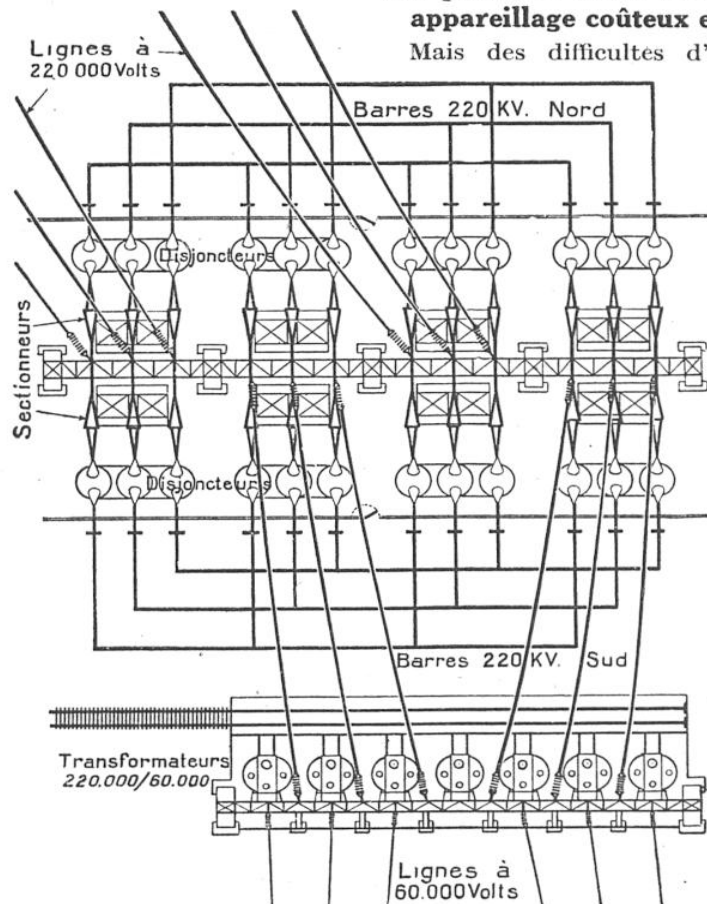


FIG. 3. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES APPAREILS D'UN POSTE DE COUPURE SUR LIGNE A 220 KILOVOLTS (220.000 VOLTS), AVEC TRANSFORMATEURS-ABAISEURS A 60.000 VOLTS ALIMENTANT UN RÉSEAU SECONDAIRE

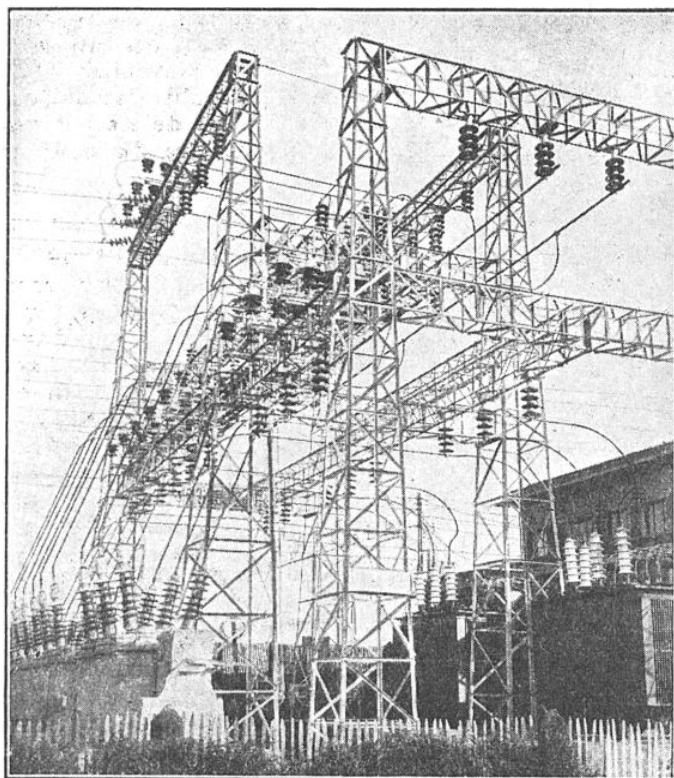


FIG. 4. — VUE DES « BARRES » AÉRIENNES A 60.000 VOLTS ALIMENTANT LES TRANSFORMATEURS-ABAISSEURS D'UNE SOUS-STATION DE TRACTION

mentant de gigantesques bornes en porcelaine atteignant jusqu'à 5 mètres. Ces mastodontes s'établissent par pôles, c'est-à-dire un appareil par fil, ce qui explique que la surface nécessaire pour un poste atteint rapidement des milliers de mètres carrés.

L'installation à l'air libre des postes à haute tension est économique

Devant le coût élevé des bâtiments réalisés pour les premières installations de ce genre, on prit le parti de maintenir le plus possible les conducteurs à l'extérieur, au moyen de supports ou charpentes métalliques entourant le bâtiment. L'intérieur de celui-ci était entièrement réservé aux appareils proprement dits : disjoncteurs, interrupteurs, etc. On sait que ceux-ci

sont constitués par des bobinages isolés dans l'huile, et que l'une des conditions primordiales de sécurité des machines électriques est leur mise à l'abri de l'humidité atmosphérique. On réalisa ainsi des postes semi-extérieurs dans lesquels les appareils seuls prennent place à l'intérieur d'un bâtiment. Les lignes et la plupart des supports sont à l'extérieur, constituant une gigantesque armature qui entoure le poste.

Mais cette disposition intermédiaire ne se prête à aucune modification, pas plus qu'aux extensions ultérieures, puisque les appareils se trouvent enserrés de toutes parts entre les supports des fils, qui finissent par constituer des charpentes énormes.

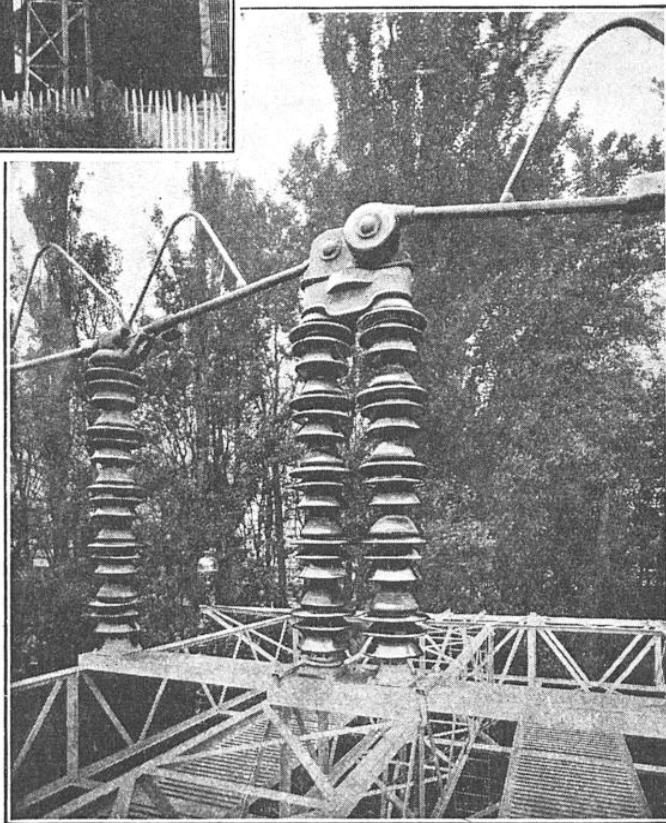


FIG. 5. — SECTIONNEURS A 120.000 VOLTS PERMETTANT DE COUPER DIRECTEMENT LE COURANT SUR LES LIGNES. Placés à environ 20 mètres au-dessus du sol, la commande peut en être effectuée par de longues tringles de manœuvre.

Aussi devait-on chercher à s'affranchir de la sujétion de construire des bâtiments pour les appareils. De nouveaux problèmes se trouvaient ainsi posés aux constructeurs électriciens pour réaliser des appareils qui soient rigoureusement étanches dans leurs cuves à huile. Disjoncteurs et transformateurs doivent être à l'épreuve des intempéries : pluie, neige, gelée, sans compter le soleil qui, dans certaines régions, dilate fâcheusement les parties métalliques.

Les premiers postes électriques, ainsi établis complètement à l'air libre, prirent naissance aux Etats-Unis, où, par suite de la grande étendue du territoire, les transports d'énergie se firent à des tensions plus élevées qu'en Europe. Ces installations furent appelées *out-door*, et elles symbolisent, en effet, le principe de la « porte ouverte », puisqu'il n'y existe aucun bâtiment. Tout l'appareillage, placé à l'air libre, doit être naturellement éprouvé pour pouvoir supporter, sans aucun risque, les intempéries : neige, pluie, etc.

Tout l'appareillage de ces postes doit être rigoureusement étanche à l'eau

Lors des premières installations européennes à très haute tension, les avis furent partagés sur la question de savoir si l'économie de bâtiments réalisée par le système *out-door* ne serait pas absorbée, et au delà, par la nécessité de construire des appareils rigou-

reusement étanches. Mais la fabrication électrique a fait, depuis quelques années, des progrès énormes quant à la composition des produits isolants et à la façon d'en imprégner « à cœur » les bobinages. La question de sécurité ne se pose plus maintenant, et tout matériel de bonne construction courante est capable de fonctionner sous la pluie. De plus,

il ne faut pas perdre de vue qu'en outre des prix de construction qui deviennent fort élevés, les bâtiments occasionnent des frais d'entretien, nettoyage et gardiennage, assez importants. En capitalisant les frais annuels ainsi économisés, on trouve un large bénéfice en faveur de l'installation à l'air libre, à partir de 30.000 volts tout au moins. Il a même été établi, dans nos mines du Nord, des postes extérieurs pour 15.000 volts.

Dans l'une des premières grandes installations ainsi réalisées en France, le poste de la ligne à 100.000 volts, Beaumont-Monteux, la

charpente métallique avait été disposée pour recevoir éventuellement une toiture. Mais le besoin de celle-ci ne s'est jamais fait sentir. L'huile de remplissage des transformateurs et disjoncteurs ne se congèle qu'à -34° , et l'on a vu, en Suisse, des postes extérieurs rester des semaines sous la neige sans qu'il en résulte d'interruptions de service.

Signalons, comme dernier mot du progrès dans ces constructions, que les charpentes et supports peuvent être établis en béton

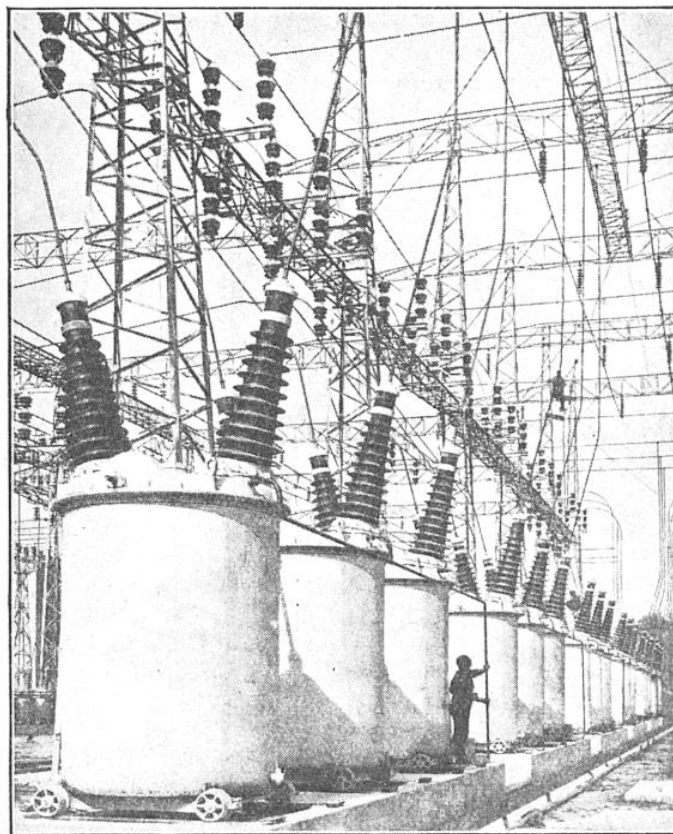


FIG. 6. — UNE SÉRIE DE DISJONCTEURS A 150.000 VOLTS.
Ces appareils à grande puissance sont unipolaires, c'est-à-dire un sur chaque conducteur. Les manœuvres d'enclenchement et déclenchement sont faites par commande automatique à distance. (Le dessin de notre couverture représente la partie supérieure de ces appareils, à plus grande échelle).

armé. C'est ce qui vient d'être fait pour les sous-stations des chemins de fer du Maroc, où l'approvisionnement en grandes poutres métalliques aurait présenté de grandes difficultés.

Les oiseaux constituent un danger pour ces installations

Les principaux ennemis des installations électriques en plein air ne sont pas, comme on pourrait le croire, les tempêtes ou les

obligé de prendre des mesures pour empêcher les oiseaux de se nicher dans les pylônes, supports à la fois trop coûteux et trop dangereux pour un tel usage.

Le développement des transports d'énergie des jonctions de réseaux, l'électrification des voies ferrées ont tellement accru l'importance des postes à très haute tension, qu'il serait à peu près impossible de les renfermer dans des bâtiments sans dépenses excessives,

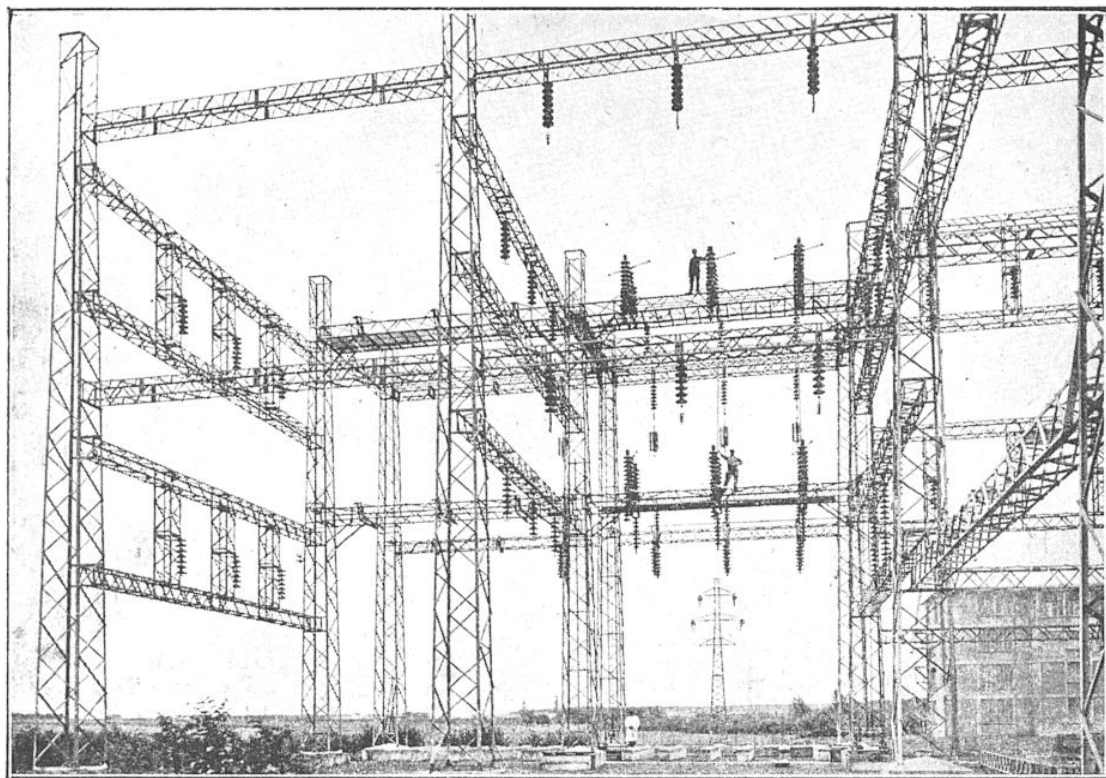


FIG. 7. — CETTE VUE D'UN POSTE 120.000 VOLTS, EN COURS DE MONTAGE, MONTRE BIEN LES GRANDES DIMENSIONS DES CHAINES D'ISOLATEURS QUI SUPPORTENT LES LIGNES A TRÈS HAUTE TENSION, A 25 MÈTRES DE HAUTEUR

coups de foudre. Aux Etats-Unis, un certain nombre de courts-circuits ont été occasionnés par des oiseaux, notamment des faucons, qui souillaient de leurs excréments les isolateurs des pylônes où ils élaient domicile. Ces accidents furent repérés par une surveillance de nuit, des veilleurs placés aux points culminants pouvant ainsi voir les étincelles jaillir, et prévenir l'usine par téléphone. En France, on a également eu des accidents dus aux oiseaux, mais causés plutôt à l'époque des nids ; ces derniers, posés dans les pylônes métalliques, peuvent, en effet, occasionner des dérivations par temps de pluie. On est donc

comme le montrent bien nos photographies (1). Par suite de l'importance des surfaces de terrains nécessaires, ces installations sont établies de plus en plus loin des villes, et c'est un nouveau spectacle du monde moderne, de voir s'élever en plein champ ces charpentes ajourées, qui servent de départ ou de relais à l'énergie fournissant à la fois la lumière, la chaleur et la force motrice à toute une contrée. L.-D. FOURCAULT.

(1) Les vues qui illustrent cet article et la couverture du présent numéro représentent des installations effectuées, en France, par la C^{ie} Électromécanique, les Établ^{ts} Merlin et Gérin et les Ateliers de Delle.

VERS LA CONQUÊTE DES GRANDES AIMANTATIONS

LES DEUX PLUS PUISSANTS ÉLECTRO-AIMANTS DU MONDE

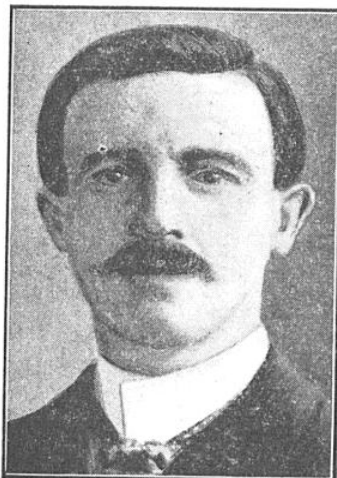
Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Deux grands savants, un Français et un Russe, travaillent en ce moment à la construction des deux plus puissants électro-aimants du monde. Chacun d'eux a résolu le problème à sa manière et bientôt la France possèdera le plus puissant électro-aimant à champ permanent, tandis que l'Angleterre aura le plus puissant électro-aimant à champ intermittent. La technique de cette construction et les difficultés que les deux savants ont eues à résoudre sont mises ici en relief d'une manière particulièrement captivante.

500.000 gauss dans un millimètre cube

DANS l'émulation scientifique, il y a souvent un côté sportif : on veut établir ou dépasser un record, se rapprocher du zéro absolu, pôle inaccessible du froid, ou dépasser les plus hautes températures,



M. A. COTTON

réaliser les plus fortes compressions ou les vides les plus parfaits, et la science désintéressée bénéficie d'un effort qui puise sa source dans les tréfonds de l'égoïsme humain. C'est ainsi qu'une concurrence parfaitement courtoise met actuellement aux prises l'Angleterre et la France :

il s'agit d'accroître notre connaissance de l'Univers et notre action sur la nature par la réalisation de champs magnétiques de plus en plus puissants. Ces champs, ou forces magnétiques, se mesurent à l'aide d'une unité qui a reçu le nom du grand physicien allemand *Gauss* ; rappelons, pour donner une idée de sa grandeur, que le

champ terrestre, cause des aurores boréales et des orages magnétiques, n'atteint pas un gauss ; auprès des pôles d'un aimant d'acier ordinaire, on obtient 100 à 300 gauss ; mais l'instrument par excellence, pour la réalisation des champs magnétiques intenses est assurément l'électro-aimant, dont les pièces polaires limitent un *entrefer* où le champ peut atteindre 10, 20, voire même 30.000 gauss ; l'électro-aimant est le grand instrument de travail des physiciens, comme il est devenu, en sortant du laboratoire, l'organe essentiel de l'électrotechnique qui a révolutionné le monde.



P.-L. KAPITZA

Malheureusement, le laboratoire paraissait avoir épuisé, ou peu s'en faut, la puissance de l'électro ; l'aimantation du fer présente, en effet, un plafond, qui correspond à la saturation magnétique ; il en résulte que s'il est aisé et économique d'atteindre 25.000 gauss dans l'entrefer d'un électro, la difficulté de pousser plus loin, et aussi la dépense, s'ac-

croissent avec une telle vitesse, qu'il faut, pour atteindre 30.000, des appareils fort dispendieux, et que 40.000 gauss représentaient, jusqu'ici, la limite pratiquement infranchissable. Pourtant, la science a besoin d'aller au delà ; il lui faut des gauss, par centaines de mille, pour mieux connaître les propriétés de l'atome matériel, comme celles de la lumière, et ce n'est pas aux lecteurs de *La Science et la Vie* qu'il faut démontrer que les recherches désintéressées sont, en réalité, la source pure de toutes les applications et de tout le progrès humain. C'est pour cela que les savants se sont raidis devant l'obstacle, résolus à faire, pour le dépasser, l'effort nécessaire.

La solution française

Déjà, avant la guerre, les physiciens de notre grande Sorbonne avaient préparé les voies ; leur effort, interrompu par la guerre et par les difficultés de l'après-guerre, vient d'être repris, grâce aux fonds prélevés sur la grande souscription dont les fêtes jubilaires de Pasteur ont fourni l'occasion, car l'argent est le nerf de la science autant que de la guerre. Ce qu'on tente en France, ce n'est pas d'atteindre un record passager, c'est, avant tout, d'établir un instrument de travail permettant d'obtenir dans un espace suffisant, et de maintenir tout le temps nécessaire, des champs magnétiques voisins de 100.000 gauss, c'est-à-dire doubles de ce qu'on avait réalisé jusqu'ici dans un espace beaucoup plus restreint.

Déjà M. Pierre Weiss, actuellement professeur à l'Université de Strasbourg, avait tracé la voie en étudiant méthodiquement les formes d'électros les plus avantageuses et en faisant établir, par les grands ateliers suisses d'Oerlikon, un modèle dont les noyaux d'acier doux mesurent 17,5 centimètres de diamètre. M. Jean Becquerel avait montré,

de son côté, qu'on gagnait encore un peu sur les champs magnétiques réalisés, en garnissant l'électro de pièces polaires en ferro-cobalt. Mais il ne suffit pas de reproduire, en plus grand, l'électro de Weiss ; M. Cotton, de l'Institut, a pris la chose à cœur, et s'ingénie à bien employer les fonds dont il dispose ; déjà, les grandes lignes de son plan sont assez bien dessinées pour que *La Science et la Vie* puisse en entretenir ses lecteurs.

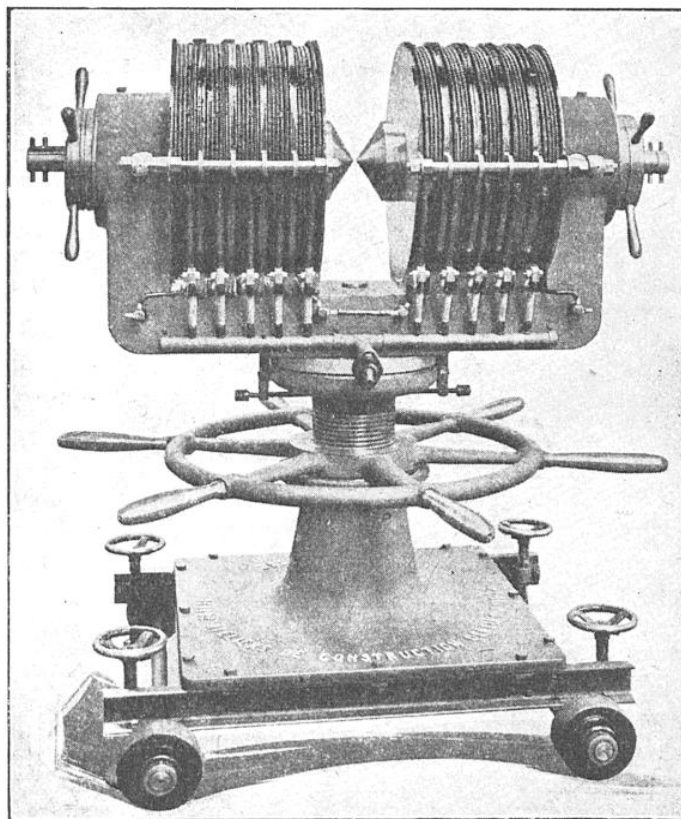


FIG. 1. — LE GROS ÉLECTRO-AIMANT DE WEISS

Cet instrument, construit par les ateliers Oerlikon, a servi de modèle à l'électro étudié par M. Cotton, membre de l'Institut, et qui sera installé au Laboratoire du Service des Recherches et Inventions, à Bellevue.

Un électro-aimant qui pèsera 100 tonnes

Le lieu où se fera l'installation est, d'ores et déjà, déterminé : dans le grand établissement sis à Bellevue, près de Paris, et affecté au Service des Recherches et des Inventions, un grand local en sous-sol, où les appareils trouveront des fondations inébranlables, constituera le laboratoire magnétique ; au centre trônera, masse imposante, le gros électro « Pasteur » et les groupes générateurs de 100 kilowatts, existant déjà à l'Institut, feront circuler dans ses artères de cuivre l'énergie électrique qui maintiendra entre ses pièces polaires la tension du champ magnétique. Ainsi, près

du plus grand centre d'activité intellectuelle du vieux continent, mais à l'abri des trépidations de la grande cité, les travailleurs pourront disposer leurs expériences.

Une seule chose reste encore indéterminée, c'est la forme définitive de l'électro ; un avant-projet, reproduit dans notre figure 1, conduirait aux caractéristiques suivantes : la carcasse d'acier doux pèserait environ 80 tonnes, dont 60 pour la culasse, 17 pour les noyaux mobiles et 3 pour les pièces polaires. Les noyaux, dont le diamètre avoisnera un mètre, seront eux-mêmes recouverts par les bobines magnétisantes dont le poids global, voisin de 20 tonnes, comprendra 14 tonnes de cuivre : soit, au total, 100 tonnes pour la masse de l'appareil.

Sur les noyaux viendront se fixer les pièces polaires, auxquelles le calcul impose des formes différentes suivant les dimensions de l'entrefer qu'on veut réaliser : plus ces pièces polaires sont larges, plus étendu est le champ magnétique obtenu, mais ce qu'on gagne en volume, on le perd en intensité, si bien que si on veut réaliser, dans un petit espace, un champ très puissant, on sera conduit à employer des pièces polaires de forme tronconique, laissant entre elles un très étroit entrefer ; et on gagnera encore quelque chose en fabriquant les pièces avec un alliage de fer et de cobalt. La masse de ferro-cobalt prévue pour cet emploi est voisine de 200 kilogrammes, et sa préparation pose un problème dont la solution est assez délicate. En effet, bien que le minerai de cobalt soit assez répandu (on le tire, en particulier, du Canada et de la Nouvelle-Calédonie), il n'est traité industriellement que pour la fabrication des matières colorantes dont chacun connaît la belle couleur bleue, ne fût-ce que pour l'avoir contemplée sur nos billets de banque.

Si on veut obtenir du ferro-cobalt métal-

lique, il faut donc le fabriquer soi-même. Or, il se trouve que le Congo belge recèle, entre autres richesses minéralogiques, un minerai de cobalt à teneur élevée dont la Compagnie minière du Haut-Katanga a offert une certaine quantité à l'Œuvre française de l'électro Pasteur ; ce minerai est entre les mains de M. Charpy, un de nos plus savants métallurgistes, qui ne tardera pas à en tirer le précieux alliage magnétique.

Ainsi, dès à présent, on peut prévoir ce que donnera le futur électro lorsqu'il aura été monté et mis en place, et les prévisions sont résumées au tableau placé au bas de cette page.

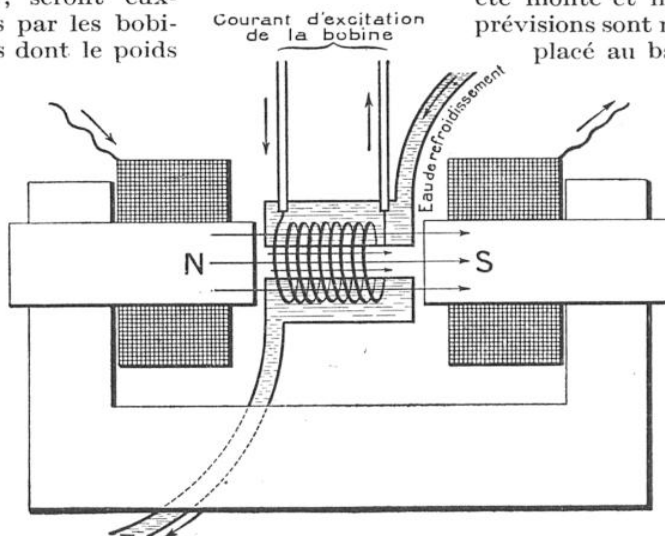


FIG. 2. — PRINCIPE DE L'ELECTRO « PASTEUR »

En superposant les actions d'un électro et d'une bobine sans fer, refroidie par un courant d'eau, on peut réaliser, à l'intérieur de celle-ci, un champ de 80.000 gauss, qui pourra être porté à 100.000.

**Avec
un courant de
5.000 ampères
on obtiendra
100.000 gauss**

Voici donc un appareil qui, employé seul, doublerait presque le champ donné par nos meilleurs électros ; mais il s'agit de faire mieux, beaucoup mieux : on y parviendra en l'associant avec une bobine sans fer, placée entre les pièces polaires : ceci demande quelques explications.

On sait, depuis Ampère, qu'un fil de cuivre enroulé en hélice, et parcouru par un courant électrique, produit, suivant son axe, un champ magnétique dont la propriété caractéristique est d'être rigoureusement proportionnel à l'intensité de ce courant ; avec mille ampères, le champ sera mille fois plus grand qu'avec un ampère. On n'est pas arrêté dans ce cas, comme avec les électro-aimants, par le plafond de la saturation du fer, puisqu'il n'y a pas de fer ;

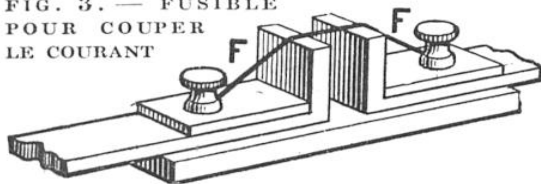
ÉCARTEMENT des pièces polaires	DIAMÈTRE des pièces polaires	CHAMP PRÉVU
2 millimèt.	3 millimèt.	70.000 gauss
5 —	5,7 —	60.000 —
100 —	100 —	26.000 —

on se heurte, par contre, à une nouvelle difficulté qui consiste à se débarrasser de la chaleur produite par l'« effet Joule », chaleur qui risquerait, en s'accumulant dans le métal, d'en amener la fusion.

Il faut donc refroidir les spires aussi rapidement que le courant les chauffe ; or, après avoir expérimenté divers modes de refroidissement, y compris l'air liquide, on a reconnu que le plus efficace consistait en un violent courant d'eau. Sur ces données générales, précisées par le calcul, M. Cotton a fait construire et mis en essai une bobine formée de huit couches de spires, dont l'enroulement est réglé pour réaliser le maximum de rendement. L'appareil a été mis en expérience à l'usine alpine des Clavaux, où M. Gall, directeur de la Société d'électrochimie et d'électrometallurgie, a mis à la disposition des expérimentateurs le courant électrique et l'eau sous pression. On a pu faire supporter à cette bobine, sans qu'elle s'échauffât dangereusement, le courant formidable de 4.700 ampères ; dans ces conditions, le champ magnétique, produit à l'intérieur de cette bobine, atteignait 55.000 gauss ; on a tout lieu d'espérer que ce chiffre pourra être dépassé, car la seule difficulté, qui n'est pas insurmontable, consiste à évacuer la chaleur produite par l'« effet Joule ».

Voici donc un nouvel appareil qui, indépendamment de l'électro-aimant, mais dans des conditions plus onéreuses, permet d'obtenir, dans un volume notable, des champs supérieurs à 50.000 gauss. Et, maintenant, supposez qu'on associe les deux appareils (fig. 2) : entre les larges pièces polaires, suffisamment écartées du gros électro, on maintiendra sans peine un champ voisin de 20.000 ; dans cet entrefer, on placera la bobine, qui, actionnée par un courant de 4 à 5.000 ampères, donnera, pour son compte,

FIG. 3. — FUSIBLE POUR COUPER LE COURANT



Il est simplement formé par un fil de cuivre F F.

un champ de 50.000 ; le champ total atteindra donc, sans difficulté, 70.000 gauss ; il n'est pas douteux que, par des perfectionnements progressifs, on ne puisse atteindre 100.000 gauss, et ce champ aura le double avantage d'être stable et d'être réalisé dans

un volume suffisant. Telle est la solution qui, bientôt, sera réalisée au laboratoire de Bellevue ; elle y trouvera, avec l'espace, les puissances électrique et hydraulique indispensables ; sa mise en service attirera, des quatre coins du monde savant, des expérimentateurs dont les travaux accroîtront le renom de la science française.

La solution anglaise

Pendant que cette technique s'élabore méthodiquement, un jeune physicien s'est élevé, d'un coup d'ailes, bien au delà de

tout ce qu'on avait atteint jusqu'ici. C'est à Cambridge, dans le laboratoire Cavendish, qu'ont illustré les travaux de Maxwell, de lord Rayleigh, de sir Ernest Rutherford, de J. J. Thomson, que l'ingénieur russe Kapitza a pu réaliser des champs magnétiques allant jusqu'à 500.000 gauss ; c'est là qu'il prépare un nouvel appareil devant donner le million de gauss ; mais il n'est pas question de se maintenir à ces hauteurs formidables ; le champ n'est réalisé que durant quelques millièmes de seconde, et dans un espace très étroit ; il n'empêche que ce résultat ne soit de haute importance, et riche de promesses.

En principe, la méthode employée est d'une simplicité extrême : le champ sera produit par un courant de plusieurs milliers d'ampères, circulant dans une bobine sans fer, comme dans le dispositif expérimenté à l'usine des Clavaux ; mais, comme aucun refroidissement n'est prévu, l'échauffement des spires de cuivre sera extraordinairement rapide ; le courant devra donc être établi brusquement et coupé automatiquement avant que l'échauffement n'ait atteint une valeur dangereuse ; il faut, pour cela, un matériel spécialement adapté.

La source d'électricité surtout : elle devra débiter 10.000 ampères, au minimum, pen-

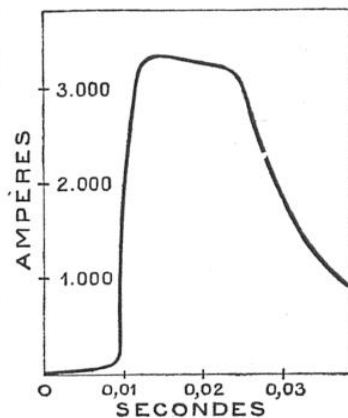


FIG. 4. — GRAPHIQUE DU COURANT DE DÉCHARGE ENREGISTRÉ À L'OSCILLOGRAPHE

Ce graphique montre que le courant de décharge dure environ un centième de seconde. C'est ce court moment qu'il s'agit d'utiliser pour les expériences.

dant un centième de seconde ; or, aucun des générateurs connus n'a été disposé pour cet office. Après mûre réflexion, Kapitza s'est décidé à construire une batterie d'accumulateurs d'un type spécial, formée de plaques de plomb très rapprochées et séparées par des joints en caoutchouc ; quatre batteries de 70 éléments, groupées deux par deux en parallèle, et les deux groupes mis en tension possèdent une résistance intérieure très faible (deux centièmes d'ohm) et une capacité suffisante pour débiter la quantité d'électricité requise ; en fait, l'appareil a bien donné le résultat prévu, mais la résistance intérieure des batteries s'accroît vite et elles sont bientôt hors d'usage ; aussi Kapitza s'équipe-t-il actuellement pour leur substituer un nouveau et original dispositif.

Un court-circuit monstre

Il va organiser un court-circuit expérimental » dans un alternateur du poids de 4 tonnes, tournant à trois mille tours par minute, qui sera brusquement mis en connexion avec la bobine productrice du champ magnétique ; l'appareil recevra, à cet instant, un choc formidable, car toute la puissance accumulée dans son rotor en mouvement sera brusquement jetée dans le circuit électrique et transformée en courant d'abord, puis en chaleur. Si on veut que l'expérience ne tourne pas au cataclysme, il faudra que les détails en soient minutieusement réglés, et c'est à quoi on procède actuellement ; on a même dû prévoir que l'arrêt brutal du rotor, se transmettant aux fondations, causera dans le laboratoire un tremblement de terre qui déréglerait tous les appareils d'observation : il a donc fallu disposer ces appareils assez loin pour qu'ils aient fonctionné avant que le séisme ne soit venu les ébranler.

On conçoit, d'autre part, que la production et l'interruption brusques d'aussi énormes courants exigent un appareillage spécial ; l'interrupteur qui assure la fermeture a une résistance inférieure à deux mil-

lièmes d'ohm ; la coupure est réalisée automatiquement, et à l'instant voulu, par un simple fusible en cuivre (fig. 3), analogue aux « plombs » de nos canalisations électriques. Quant à la bobine qui reçoit le courant, elle doit être établie suivant des formules spéciales, car elle doit avoir non seulement une faible résistance, mais encore une self-induction aussi réduite que possible : celle qui a été utilisée par Kapitza n'a pas plus de 54 millimètres de longueur, et elle porte quarante-huit tours de spires enroulées suivant la loi qui donne le maximum d'efficacité à la bobine.

Enfin, il faut s'équiper pour mesurer ces courants électriques de grande intensité et de durée très faible : un « oscillographe » spécial a été établi à cet effet, et c'est en se réglant sur ses indications qu'on a déterminé, par de nombreux essais préliminaires, les conditions expérimentales favorables ; le graphique ci-joint (fig. 4) montre que, lorsqu'elles sont réalisées, on ne peut pas compter durant plus d'un centième de seconde sur la constance du courant et, par suite,

sur celle du champ magnétique : c'est le temps offert au physicien pour son expérience.

Le lecteur a compris, par ce qui précède, ce qu'il a fallu accumuler de science et d'ingéniosité pour obtenir, pendant un laps de temps aussi bref, quelques centaines de mille gauss dans une petite cavité large de 4 millimètres. Distraction inoffensive de savant, dira un lecteur sceptique ; non, car battre le record des gauss, fût-ce pendant un centième de seconde, c'est fournir à la science le moyen d'étudier certains phénomènes extraordinairement rapides : le trajet d'une particule *alpha* émanée du radium ne dure pas un dix-millionième de seconde ; on a donc tout le temps nécessaire pour le soumettre à l'action du champ magnétique ; alors, malgré que les trajectoires soient extraordinairement tendues, on les voit s'infléchir (fig. 5) sous l'action de 130.000 gauss, et la mesure

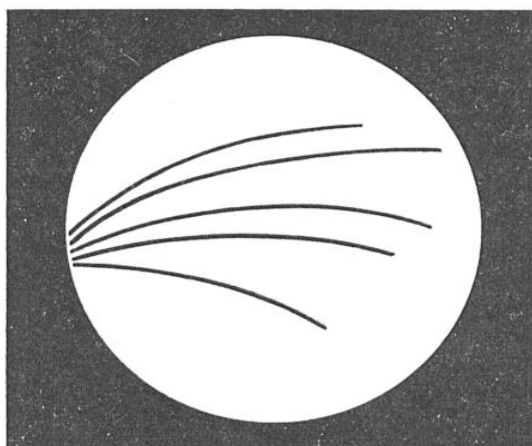


FIG. 5. — COURBURE DES RAYONS ALPHA DU RADIUM, DANS UN CHAMP DE 130.000 GAUSS
La vitesse de ces rayons atteint 15.000 kilomètres par seconde.

de cette inflexion nous renseigne sur les propriétés de ce projectile électrisé.

Enfin, Kapitza a pu appliquer sa méthode à l'étude d'un phénomène capital pour les théories modernes de la science, l'« effet Zeeman » : une étincelle, jaillissant entre deux pointes rapprochées de zinc, d'aluminium ou de tout autre métal, donne, sur une plaque photographique, lorsqu'on décompose sa lumière par un prisme, un spectre $R_1 V_1$ (fig. 6) constitué par des raies brillantes séparées ; or, si on fait éclater cette étincelle, comme le montre la figure, dans le champ magnétique produit à l'intérieur de la bobine $B_1 B_2$, chacune des raies se dédouble, en donnant l'apparence figurée en $R_2 V_2$; Kapitza a pu observer ce phénomène ou, du moins, le photographier dans des champs qui dépassaient de loin tous ceux qui avaient été atteints avant lui.

La solution de l'avenir

Entre ces deux méthodes, qui se complètent heureusement, on en voit poindre une troisième : son principe repose sur les propriétés remarquables des supraconducteurs, auxquels notre revue a consacré dernièrement un intéressant article. Rappelons que, d'après les expériences de Dewar, continuées par Kamerlingh Onnes, la conductibilité des métaux purs s'accroît, à mesure que leur température s'abaisse, lentement d'abord, puis à une allure accélérée ; un des exemples les plus typiques est celui d'une bobine formée par mille tours de plomb très fin ; elle présentait, à la température ordinaire, une résistance de 734 ohms ;

plongée dans l'hélium liquide, à $-271^{\circ},5$, elle ne mesurait plus que 0 ohm 000.000.035, c'est-à-dire qu'elle était devenue *vingt milliards de fois moins résistante* ; dans ces conditions nouvelles, la résistance étant abolie, l'« effet Joule » disparaît : pour produire autant de chaleur qu'un ampère à la température ordinaire, il faudrait faire passer 150.000 ampères dans la bobine refroidie !

Le problème de la production du champ magnétique prend, dès lors, un aspect nouveau : supposez que la bobine de plomb citée en exemple soit enroulée suivant une hélice ayant un millimètre de pas et complètement immergée dans l'hélium liquide ; supposez, de plus, qu'on ait relié les deux bouts de cette spirale à de grosses barres métalliques capables de lui envoyer un courant de 8.000 ampères ; ce courant qui, à la température ordinaire, suffirait pour porter au rouge un rail de chemin de fer, parcourra la spirale sans l'échauffer, car il suffira d'évaporer un gramme d'hélium par minute pour y compenser l'« effet Joule ». Et cette bobine sans fer

maintiendra dans son intérieur le champ de 100.000 gauss, dont la réalisation coûte aujourd'hui tant de peines.

Ceci, ne l'oubliez pas, est encore un rêve de physicien ; la manipulation de l'hélium liquide n'est pas encore assez avancée pour que l'expérience puisse être tentée présentement. Mais ce rêve, dont un jour à venir fera une réalité, nous prouve que la science tient en réserve d'inépuisables ressources ; elle, du moins, est encore loin de son plafond.

L. HOULLEVIGUE.

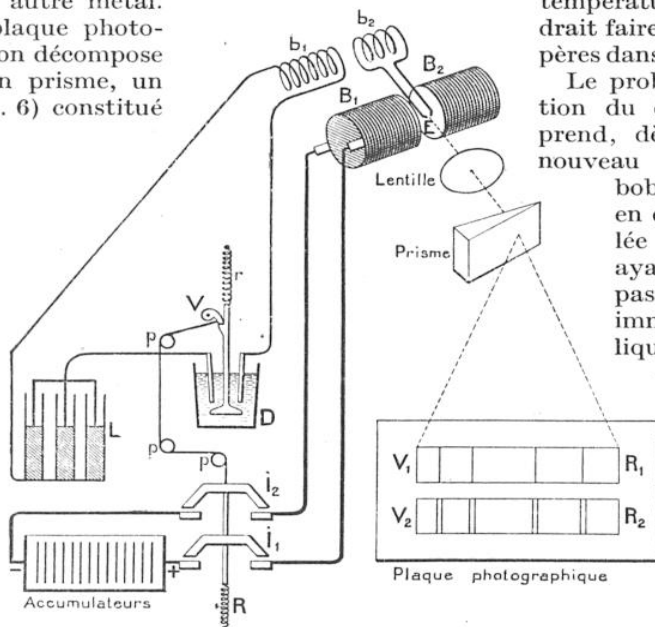


FIG. 6. — EXPÉRIENCE DE KAPITZA

L'appareil a pour but de faire éclater une étincelle en E au moment précis où un courant de 3.000 ampères passe dans les bobines $B_1 B_2$, y produisant le champ magnétique. Pour cela, le ressort R attire les interrupteurs $I_1 I_2$, fermant le circuit des accumulateurs sur $B_1 B_2$. En même temps, un jeu de poulies p déclenche le verrou V et le ressort r ferme le circuit d'un disjoncteur à huile D à travers lequel les bouteilles de Leyde L se déchargent dans la bobine b_1 . Celle-ci induit dans la bobine b_2 le courant qui produit l'étincelle E. La lumière de cette étincelle traverse une lentille et un prisme et tombe sur une plaque photographique où se produit un instantané. Quand cet instantané est pris en dehors de l'action des bobines $B_1 B_2$, on obtient un spectre $R_1 V_1$ formé de raies séparées. Quand les bobines $B_1 B_2$ agissent, le spectre obtenu est $R_2 V_2$; toutes les raies sont dédoublées.

QUE DEVIENNENT LES VIEUX CAOUTCHOUCS ?

Régénération du caoutchouc. — Rénovation des pneumatiques. — L'avenir du caoutchouc artificiel

Par Pierre CHANLAINE

L'augmentation continue du prix de revient des matières premières incite de plus en plus les industriels à récupérer les déchets qui s'accumulent dans les différentes industries ou qui proviennent de la consommation des usagers. Parmi ces industries, celle du caoutchouc présente un intérêt tout particulier, par suite non seulement de l'accroissement du prix de la gomme, mais encore par suite du nombre sans cesse croissant des objets fabriqués en caoutchouc. Les pneumatiques y figurent donc dans une énorme proportion. Aussi les enveloppes en caoutchouc hors d'usage sont-elles recueillies par des industries spéciales, soit pour régénérer le caoutchouc subsistant, soit pour être regommées ou rechapées, soit enfin pour être transformées en objets d'un usage courant n'exigeant pas de la matière neuve. On sait que l'Amérique, notamment, a cherché à utiliser encore davantage le caoutchouc régénéré en l'incorporant en assez fortes proportions dans les pneumatiques neufs (environ 20 %), pour éviter de s'approvisionner en gomme précisément au moment où celle-ci avait atteint des prix dépassant 2 shillings le kilogramme et avait même touché le cours de 4 shillings. On conçoit qu'une telle situation du marché du caoutchouc ait favorisé le développement de l'utilisation des vieux caoutchoucs. Dans cette étude d'ensemble, nous avons donc successivement exposé comment on régénère le caoutchouc, comment on remet à neuf les pneumatiques, par regommage, et nous avons dit quelques mots d'un problème scientifique — dont la solution sera peut-être pratique demain — la synthèse du caoutchouc artificiel par opposition au caoutchouc naturel (caoutchouc de plantation ou caoutchouc sauvage).

Qu'entend-on par caoutchouc régénéré ?

EN réalité, on ne régénère pas le caoutchouc. Le produit obtenu en traitant les déchets, comme nous allons le voir, ne possède pas toutes les qualités du caoutchouc neuf. Mais il en a d'autres. Si on le mélange au caoutchouc vierge, et si on vulcanise le tout, l'altération par oxydation est plus lente que celle du caoutchouc vierge. D'autre part, c'est un plastifiant. Mêlé au caoutchouc neuf, il évite, dans les semelles de chaussures, les fendillements, et permet d'obtenir des articles facilement moulables... Enfin, il est d'un emploi à peu près obligatoire dans la fabrication de l'ébonite.

Si l'on voulait régénérer le caoutchouc, au sens propre du mot, il serait nécessaire d'enlever complètement le soufre incorporé dans la gomme par la vulcanisation.

Au laboratoire, on est parvenu, par une série de manipulations difficiles et compliquées, à enlever à peu près tout ce soufre. Mais, alors, la gomme qui reste n'a plus aucune des propriétés de la gomme pure ; elle est inutilisable industriellement.

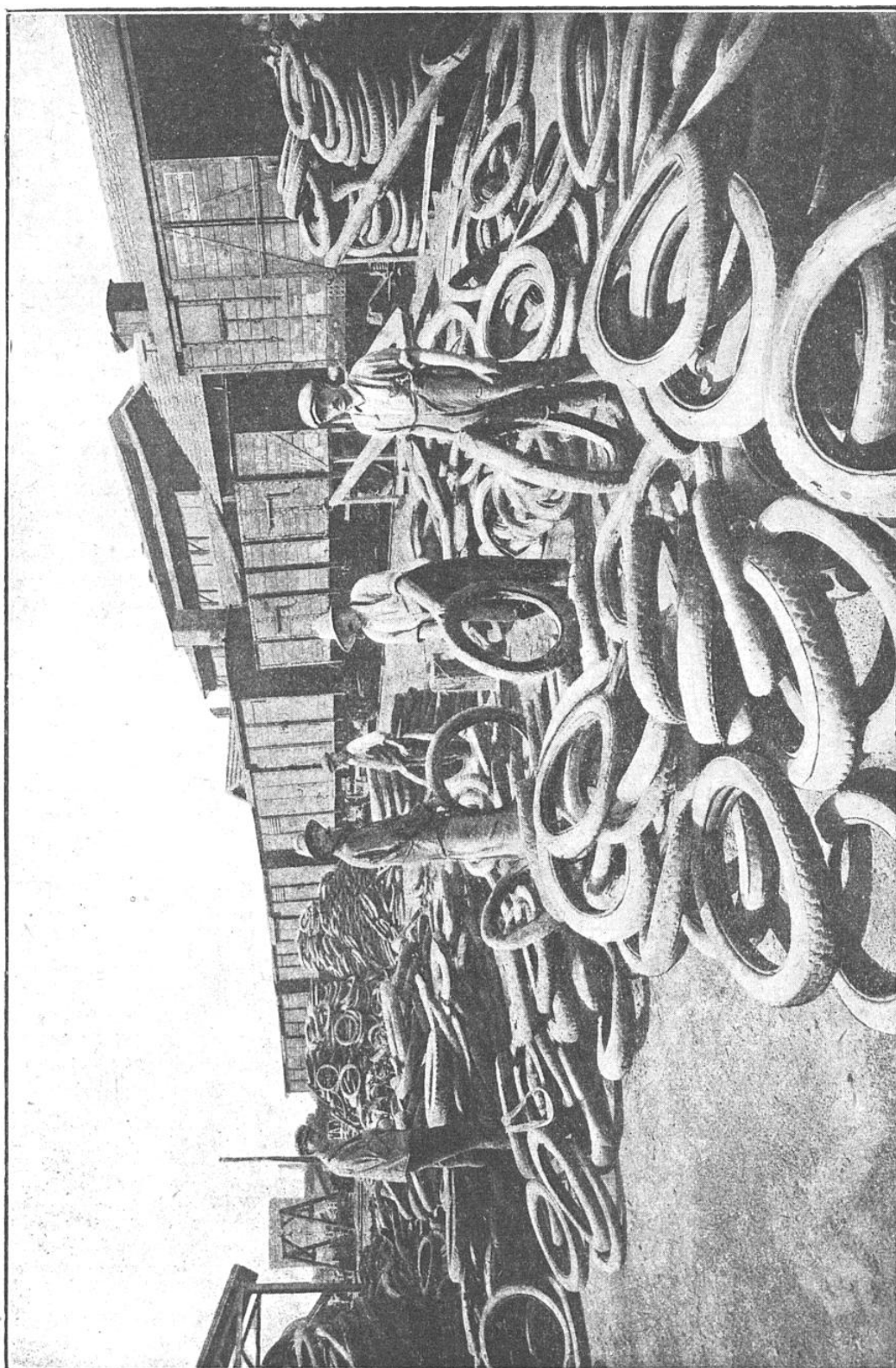
On se borne donc à enlever l'excédent du

soufre, celui qui ne s'est pas combiné à la gomme. La vulcanisation consiste, au contraire, à incorporer le soufre au caoutchouc pour le durcir, d'où le caoutchouc *vulcanise*. Après quoi, par la chaleur, on redonne au produit final une certaine plasticité.

La régénération du caoutchouc

D'abord, on classe les déchets. En Amérique, où tout se fait sur une vaste échelle, il existe des usines qui en traitent jusqu'à 150 tonnes par jour. En Europe — en France particulièrement — où ce commerce est moins important, le marché des déchets est absorbé par une dizaine de maisons, qui achètent à des ramasseurs de vieilles matières ou à des chiffonniers, à peu près quotidiennement, des montagnes de pneus et de chambres à air.

On admet généralement que la production mondiale du caoutchouc régénéré atteint à peu près 100.000 tonnes annuellement. Ce chiffre représente une consommation de déchets d'environ 175.000 tonnes, alors que la production du caoutchouc manufacturé atteint 500.000 tonnes. Il y a encore une différence considérable entre le tonnage pro-



ARRIVÉE D'UN TRAIN DE PNEUMATIQUES DESTINÉS À ÊTRE REMIS À NEUF PAR SURMOULAGE

duit de caoutchouc neuf et de caoutchouc régénéré. Mais il est certain que la consommation de la matière première va amener un accroissement notable des demandes de déchets et qu'en conséquence, le ramassage deviendra de plus en plus onéreux, par suite du prix de vente des déchets.

Certains déchets peuvent être employés directement. Ainsi, dans des chambres à air, on peut découper des bracelets, des rondelles de bouteilles, des manchons de réparation, des éléments de blagues à tabac, des bretelles, et surtout des semelles de chaussures, des amortisseurs pour protéger le flanc des embarcations, etc., etc. Les autres sont revendus aux usines s'occupant de la régénération.

Si les déchets ne sont pas vulcanisés, cas le moins fréquent, il est facile d'en récupérer la gomme pure.

Lorsque les déchets sont vulcanisés, ils sont soumis à la régénération. Mais, dans tous les cas, il est nécessaire de purger les déchets de leur entoilage.

On met d'abord le vieux caoutchouc à bouillir pendant trois ou quatre heures avec une dissolution de soude caustique à 10 %. La soude s'empare du soufre non combiné et le sulfure soluble, ainsi constitué, s'évacue de lui-même. On introduit ensuite les déchets dans des cuves en lave de Volvic — parce qu'inattaquable aux acides chlorhydrique et sulfurique — contenant une solution d'acide sulfurique à 14 %. On laisse barboter pendant deux ou trois jours pour permettre à l'acide de brûler le coton des toiles. Après lavage à l'eau pure, puis à une solution de soude ou de chaux, qui neutralise les traces restantes d'acide, les déchets sont encore soumis à un dernier lavage, d'où ils sortent sous forme d'une feuille de caoutchouc appelée *crêpe*, d'une couleur indécise. Ce n'est pas une gomme neuve, mais telle quelle, elle peut rendre, néanmoins, de très bons services.

Comment se fait la régénération

Chaque usine de régénéré possède son tour de main, dérivant d'un brevet.

L'un des procédés, celui de la régénération par l'huile, est employé en Angleterre et en France. On réduit en « poudrette » le déchet de caoutchouc et on y ajoute de l'huile (huile de ricin, huile de pétrole et de schistes) à raison de 10, 40 et même 100 % du poids de la gomme vulcanisée. On porte le mélange, pendant trois ou quatre heures, à la température de vulcanisation (138°-140°). L'huile dissout le soufre en excès dans la gomme vulcanisée. Et l'addition de soude caustique

donne un précipité de caoutchouc régénéré. On emploie ce procédé dans la confection des tuyaux, des chapes de vélo, des manchons, etc... Le caoutchouc ainsi obtenu est souvent ajouté à la gomme brute, notamment dans les mélanges moulés, parce que le mélange ainsi obtenu est bien homogène.

Le procédé à l'acide

Voici un autre procédé, dit à l'acide. S'il s'agit de vieilles enveloppes d'autos, par exemple, on en retire d'abord les clous et les particules métalliques, puis on les sectionne à la « sectionneuse ». Ils sont enfin hachés et broyés dans des machines spéciales, à grandes dents en chicane qui désagrègent les déchets pour faciliter la séparation des fibres de coton et de caoutchouc. Ces déchets, amenés à un « séparateur », sont soumis à l'action d'un courant d'air qui enlève les légères fibres du coton pour les récupérer.

Cette récupération est de toute première importance au point de vue économique, car elle permet de recueillir de 85 à 95 % du coton incorporé dans les enveloppes et dont la valeur est de plus en plus élevée. Si l'on admet qu'il existe actuellement, dans le monde, 25 millions de voitures automobiles, usant chacune, en moyenne, 3 pneus par an, la consommation totale serait de 45 millions de pneus. Chaque pneu pesant 5 kilogrammes environ, les 225.000 tonnes de déchets qui en proviennent renferment près de 90.000 tonnes de coton (40 %). Or, en ne comptant les débris de coton qu'à 500 francs la tonne, les usines de régénération récupèrent pour 45 millions de francs environ de coton.

Revenons à l'opération de la régénération. On fait passer la poussière de caoutchouc dans des bains acides (acides sulfurique et chlorhydrique mélangés) qui brûlent les fibres de coton que le courant d'air n'a pas enlevées. Le bain est poussé à l'ébullition et le caoutchouc restant est enlevé par décantation. On lave la boue résiduelle pour enlever les traces d'acide. Puis, dans un autoclave, on la soumet à l'action de bains alcalins de potasse et de soude mélangés à la température de 150 à 180°. Les alcalins absorbent le soufre et la température rend à la gomme sa plasticité. A la sortie de l'autoclave, la masse pâteuse sera à nouveau lavée et on obtiendra des feuilles qui seront portées dans des séchoirs à air chaud avec ventilateurs.

Lorsque les déchets hachés ont été suffisamment débarrassés du coton par l'action du courant d'air, certains industriels se dispensent du traitement par l'acide. L'alcali

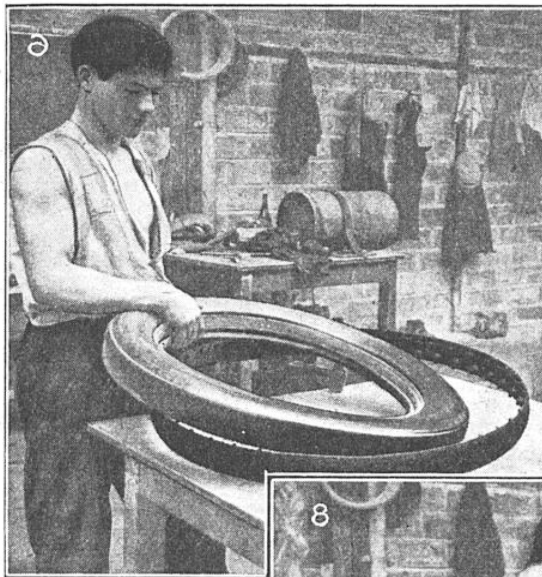


APRÈS AVOIR EN-
LEVÉ, AU COUTEAU,
LA GOMME QUI EN-
ROBE LE CABLÉ (1),
L'OUVRIER PASSE
LE PNEU A LA CAR-
DEUSE (2) QUI EN-
LÈVE LES DER-
NIÈRES TRACES DE

GOMME. SUR LE
PNEU AINSI NET-
TOYÉ, UNE OU-
VRIÈRE PASSE UNE
COUCHE DE DISSO-
LUTION (3) SUR LA-
QUELLE ON DIS-
POSE UNE GOMME
DE LIAISON (4),

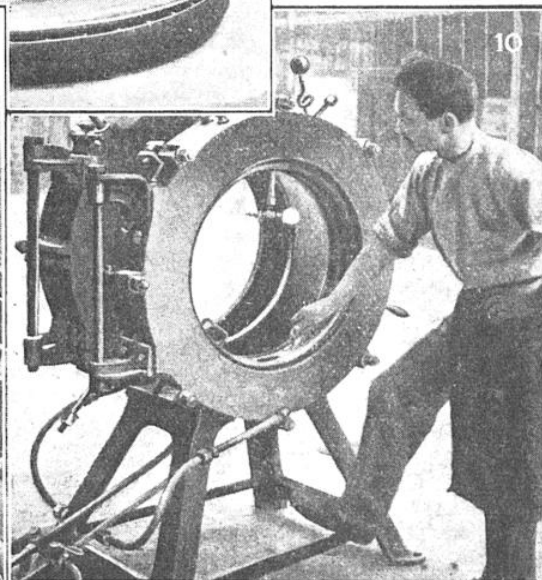
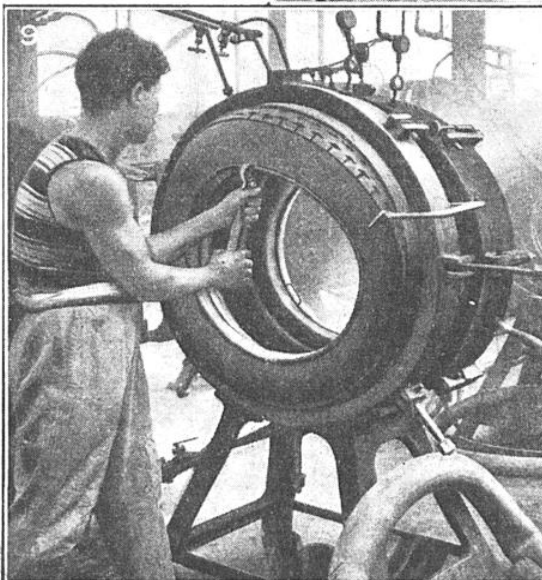
PUIS LA BANDE ROULEMENT (5). AU MOYEN D'UN OUTIL A ROULEAU, ON CHASSE LES BULLES
D'AIR QUI POURRAIENT CONTRARIER L'ADHÉRENCE

(Procédés « Renovation du pneumatique ».)



LE PNEUMATIQUE, MUNI DE SA JANTE DE ROULEMENT, EST PLACÉ DANS UNE FRETTE EN ACIER (6) PORTANT DES SCULPTURES D'ALUMINIUM QUI S'IMPRIMERONT

DANS LE CAOUTCHOUC. A L'INTÉRIEUR DU PNEU, ON PLACE UNE CHAMBRE À AIR MAINTENUE PAR UNE JANTE DE FONTE (7 ET 8). LE TOUT EST EN- SUITE DISPOSÉ DANS



(Procédés « Renovation du pneumatique ».

UN APPAREIL OU CIRCULENT DE L'EAU ET DE LA VAPEUR À LA TEMPÉRATURE DE 140 DEGRÉS ENVIRON, NÉCESSAIRE POUR VULCANISER LE CAOUTCHOUC (9 ET 10)

suffit, en effet, à détruire les quelques parcelles de coton restantes.

Le procédé américain

Un troisième procédé, dit procédé Alexander, est employé aux Etats-Unis. On fait agir en autoclave, sur 100 kilogrammes de déchets broyés, 300 kilogrammes de benzol à 145-150° pendant quatre heures. Les parties non dissoutes sont séparées mécaniquement par centrifugation. On introduit ensuite une solution de 20 kilogrammes de soude dans de l'eau et on chauffe encore pendant trois heures à la même température. Un courant de vapeur entraîne le benzol, qui sera récupéré. A la solution aqueuse, filtrée à travers un treillis métallique, on ajoute de l'acide sulfurique qui précipite le caoutchouc. Celui-ci, lavé et séché, peut être considéré comme un bon régénéré.

Dans cette intéressante industrie, la France est encore très en retard sur l'Amérique, où les caoutchoucs régénérés interviennent dans la proportion de 20 %. Cependant, la durée des pneus utilisant ce produit est d'un tiers moindre que celle du caoutchouc de plantation. Mais les produits français peuvent soutenir la comparaison avec les meilleurs produits américains.

De 1920 à 1923, l'industrie de la régénération du caoutchouc a traversé une crise aiguë, à cause du bas prix des gommés. Les cours des gommés ayant remonté très sensiblement, cette industrie a repris, depuis, toute sa prospérité.

La réparation des vieux pneumatiques

Nous venons de voir comment on régénère le caoutchouc. Pour renseigner aussi complètement que possible le lecteur, nous allons lui montrer comment, dans l'état actuel de l'industrie de la réparation des pneumatiques, on procède pour obtenir de très bons pneumatiques avec de vieilles enveloppes.

Voici un vieux pneu. Il n'est que partiellement usé puisque les parties du pneumatique qui n'ont pas été en contact avec le sol sont bonnes. Jeter ce pneu? Non. On va s'en servir : on va le « recaoutchouter ».

Le principe de l'opération? Après avoir débarrassé la toile du pneu de toute la gomme qui y adhère, on recouvre cette toile d'une dissolution de caoutchouc, qui facilitera l'adhérence à la toile ; sur cette dissolution, on applique (procédé rénovation du pneumatique) une gomme de liaison, laquelle recevra une gomme de roulement.

Remarquons que les diverses gommés auxquelles il vient d'être fait allusion ont été

mélangées de la proportion de soufre nécessaire pour la vulcanisation. Cette vulcanisation sera donc un point accompli quand l'ensemble aura été porté à la température normale (120-130°).

Voyons le détail de l'opération (voir les planches pages 32 et 33). D'abord à la main, au couteau, on enlève la vieille gomme jusqu'à la toile (fig. 1). Opération qui, bien entendu, est imparfaite et que l'on complète en faisant passer ce pneu à la cardeuse (fig. 2). Les pointes qu'on voit sur la meule râpent ce que le couteau a laissé, sur le dessus et sur les côtés.

Sur cette toile, on applique au pinceau (fig. 3) la dissolution de caoutchouc dans la benzine. En principe, on en dépose trois couches, en laissant sécher une vingtaine de minutes entre deux couches successives. Puis (fig. 4) on met en place la gomme de liaison, plus plastique que les autres, et surtout plus adhérente. Cette gomme permettra de mieux lier la gomme de roulement et le pneu.

Dans le procédé de la rénovation du pneumatique, on applique alors sur cette gomme, ainsi qu'on le voit à la figure 5, la sous-chape d'abord, puis la gomme de roulement. Cette gomme enrobe l'autre, comme le démontre la figure précitée.

Après quoi, le pneu se présente sous la forme qu'il a à la figure 6, dans la main droite de l'ouvrier. On va alors le placer dans un moule et le porter à la température de vulcanisation.

Le moule porte des reliefs antidérapants qui s'imprimeront en creux sur la gomme.

A l'intérieur du pneu, l'ouvrier introduit ensuite un moule métallique (fig. 7 et 8). La partie interne du moule (fig. 9) reçoit de la vapeur d'eau qui chauffe le moule. A ce moment, l'ouvrier introduit de l'eau dans le moule pour réaliser une pression de 14 kilogrammes par centimètre carré pendant une heure environ (fig. 10). La pression et la chaleur agissant simultanément, donnent les moulures et vulcanisent le caoutchouc. Il ne reste plus qu'à ébarber avec des ciseaux et à passer un verni.

Les pneus ainsi obtenus sont d'un prix très inférieur à celui des pneus neufs (120 fr. au lieu de 300).

Le caoutchouc synthétique

A-t-on et peut-on trouver le moyen de fabriquer le caoutchouc sans se servir du latex (1)?

On sait qu'avant l'invention du pneu-

(1) Produit de l'arbre à caoutchouc.

Les États-Unis consomment, actuellement, 70 % du caoutchouc produit dans le monde ; les quatre cinquièmes entrent dans la fabrication des pneumatiques. Les 30 % restants ne sont pas suffisants pour le reste du monde, et certains pays, l'Allemagne notamment, cherchent à remédier à cet inconvénient par la synthèse, en partant des hydrocarbures.

C'est qu'en effet le caoutchouc *naturel* est un hydrocarbure de la formule générale : $C^{10}H^{16}$, dont on peut considérer la molécule la plus simple comme formée par l'accouplement de deux molécules d'un autre hydrocarbure (C^5H^8) qu'on appelle isoprène. Nous ne pouvons pas entrer ici dans les détails très techniques, et d'ailleurs assez ardu, des réactions chimiques. Qu'il nous suffise de rappeler que les molécules de certains corps peuvent se combiner avec d'autres molécules de ce même corps pour former un corps différent ! Le cas est très fréquent dans les hydrocarbures. La combinaison de ces deux molécules d'un même corps, sous l'influence d'un agent physique ou d'un catalyseur, s'appelle polymérisation.

La synthèse du caoutchouc au laboratoire a été réalisée en France (1)

Eh bien ! cette combinaison de deux molécules d'isoprène peut fournir, soit du dipentène, soit du terpène, soit du polyprène ou caoutchouc, suivant les cas.

Bouchardat eut l'idée heureuse de considérer l'isoprène comme l'hydrocarbure initial dans la synthèse de la gomme.

Il réussit à en produire la polymérisation en chauffant l'isoprène avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique. On obtenait alors une matière solide, blanche, élastique, ayant les propriétés physiques du caoutchouc.

L'isoprène, cependant, était un produit d'un prix très élevé. Et il était nécessaire de trouver un mode de préparation plus économique que ceux qu'on connaissait alors, pour pouvoir appliquer à l'industrie la synthèse du caoutchouc. Le point important est de partir d'un corps original de faible valeur et d'en tirer cet hydrocarbure par un traitement simple et avec le meilleur rendement.

En chauffant ensemble l'éthylène et l'acétylène, Heinemann obtint, à la température du rouge sombre, l'érythrène. Si, dans le tube chauffé, on fait passer, en même temps que

l'éthylène et l'acétylène, du chlorure de méthyle, on obtient l'isoprène. Les corps de départ sont le carbure de calcium pour obtenir l'acétylène, l'alcool éthylique et l'acide sulfurique pour l'éthylène.

On peut aussi traiter par la fermentation les huiles de fusel, qui sont des résidus de la distillation des produits fermentés, qui contiennent, en général, une assez forte proportion d'alcools amyliques. Une chloruration suivie d'un traitement à chaud par les alcalins, peut donner un rendement en isoprène variant entre 75 à 85 %.

Cet hydrocarbure étant obtenu, nous avons vu qu'en le chauffant avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, on obtenait le caoutchouc. L'acide chlorhydrique joue le rôle de catalyseur. On peut, d'ailleurs, lui substituer l'acide acétique cristallisable, qui agit de la même manière. Le Dr Mathews a également montré, en 1910, que l'isoprène laissé en contact avec le sodium était transformé en une masse solide de caoutchouc. Le sodium est, en effet, un agent polymérisateur de premier ordre.

Toutefois, bien que le rendement obtenu par l'emploi de ce métal alcalin soit supérieur à celui obtenu par les acides, la transformation n'est pas intégrale. Il y a des parties non polymérisées, mais dissoutes dans le caoutchouc formé, qu'il faut enlever avec un dissolvant convenable : l'acétone, par exemple.

On a aussi obtenu des caoutchoucs par fermentation. La matière qu'on se propose de transformer est, généralement, le goudron de houille ou l'essence de térébenthine, sous l'action d'un ferment emprunté au caoutchouc naturel.

Déjà, dès 1902, Janet décrivait, sous le nom de gomme élastique, un caoutchouc synthétique produit par du goudron de houille, mélangé avec le quart de son poids d'acide borique. On porte le mélange à ébullition et on enflamme les parties volatiles jusqu'à ce que la flamme devienne verte. On éteint alors et on place la matière dans un récipient à une température de 60° pendant un temps plus ou moins long et dans un courant d'oxygène. Le produit devient visqueux. On le dessèche alors au bain-marie et on recueille une masse épaisse très élastique, de couleur brune et de même composition élémentaire que le caoutchouc.

Le procédé Seguin et Roussy de Sales, employé depuis 1903, diffère assez peu du précédent. Il consiste à mélanger du goudron avec un acide, tel que l'acide borique, l'acide iodhydrique ou phosphorique, avec

(1) Bien que la question du caoutchouc synthétique touche aux travaux chimiques les plus ardu, nous avons pensé que nous ne pouvions la passer sous silence, pour tenir nos lecteurs au courant de ces recherches scientifiques appelées à un grand avenir industriel.

addition d'un peu d'alcool, puis à ensemencer ce mélange au moyen d'un ferment tiré du caoutchouc vierge et, finalement, à soumettre la masse, pendant une quinzaine de jours, à une température de 60° C. et à l'action d'une atmosphère oxydante privée d'azote.

La préparation du ferment se réalise en employant du caoutchouc brut, coupé en morceaux aussi petits que possible, qu'on introduit dans un vase de verre avec de la benzine ; on expose le tout à la lumière en l'agitant de temps en temps. La solution, d'abord pâteuse, devient très fluide et il se forme un dépôt épais au fond du vase. En le portant à 50°, le précipité se redissout et la liqueur devient rouge et limpide ; on ajoute un volume égal d'alcool et on sépare le précipité produit, qui sert à l'ensemencement du goudron.

Peut-on vulcaniser le caoutchouc synthétique ?

Si le caoutchouc synthétique possédait les qualités élastiques du caoutchouc, il pourrait le remplacer dans ses applications les plus courantes, à la condition que, comme lui, il puisse être vulcanisé. On sait que tous les caoutchoucs naturels, mélangés au soufre en fleur et cuits sous la pression de la vapeur à 130° ou 140°, ne se vulcanisent pas avec la même facilité. Les « impuretés » qu'ils contiennent en quantité variable (résines, matières albuminoïdes, etc.) en favorisent la vulcanisation à un degré différent.

Les premières tentatives de vulcanisation des caoutchoucs de synthèse ayant été infructueuses, on pensa que leur insuccès provenait des impuretés. On est parvenu à mettre, aujourd'hui, à peu près au point cette question, en ajoutant des albumines au caoutchouc produit synthétiquement. Il faut cependant remarquer que tous les caoutchoucs synthétiques ne sont pas aptes à s'unir au soufre et que certains d'entre eux, issus d'hydrocarbures particuliers, ne se vulcanisent pas.

L'Allemagne et le caoutchouc synthétique

C'est en Allemagne qu'à partir de 1913 on a réussi, pour la première fois, à fabriquer un caoutchouc synthétique, vulcanisé assez complètement pour n'être plus oxydable à l'air. Le produit obtenu avait un pouvoir isolant suffisant, résistait à la chaleur et n'était que peu inférieur aux caoutchoucs naturels.

Des caoutchoucs souples furent également préparés, mais avec moins de succès. Jusqu'en 1915 on s'abstint de l'application industrielle de ces procédés pour deux raisons. D'abord, les prix de revient de la préparation

étaient beaucoup trop élevés pour lutter avec les caoutchoucs des plantations et, ensuite, la qualité même des articles obtenus laissait loin devant elle celle des objets similaires de fabrication courante.

En 1915, les stocks allemands en gommes naturelles s'épuisant, on fabriqua une « vulcanite » servant d'isolant en T. S. F. Par contre, la préparation des caoutchoucs souples, en remplaçant la gomme naturelle par des produits de synthèse dans la fabrication des pneumatiques, n'eut pas grand succès. Les produits obtenus manquaient de souplesse malgré l'introduction des huiles et de matières plus ou moins plastifiantes. Les caoutchoucs ainsi obtenus, peu élastiques à la température ordinaire, durcissaient vivement à 0 degré. Les bandages pleins ne possédaient la faible élasticité exigible que lorsqu'ils avaient atteint une température suffisante.

On a pu, dans un même ordre d'idées et à la même époque, préparer des dissolutions qui ont été, avec succès, employées dans l'isolement de fils et câbles électriques, ou à l'imprégnation des tissus tels que la toile à ballon. Mais on n'a pu utiliser le caoutchouc de polymérisation dans les feuilles destinées aux masques contre les gaz ou dans les chambres à air des pneumatiques.

L'avenir industriel du caoutchouc de synthèse

A l'heure actuelle, si la question du caoutchouc de synthèse est théoriquement avancée, on peut dire qu'elle reste pendante au point de vue industriel. Le prix de revient trop élevé et la qualité médiocre des produits fabriqués la séparent encore profondément de ce domaine. Néanmoins, les premiers résultats obtenus, en l'espace de dix ou quinze années, peuvent laisser l'espoir de faire mieux dans un avenir prochain.

Les chimistes du gouvernement des États-Unis auraient, en effet, réussi — une communication récente nous l'apprend — à reproduire les éléments essentiels du latex naturel de caoutchouc, dont on peut tirer, par les moyens habituels, une substance comparable en tout point au produit naturel de l'arbre à caoutchouc. On ignore encore si les prix de production de ce latex artificiel sont capables de lutter avec ceux des plantations. C'est, toutefois, une chose intéressante à noter que les essais se poursuivent dans une forme différente de celle des procédés auxquels nous avons fait allusion plus haut. Pourra-t-on, par cette voie, ou par toute autre, arriver à des résultats tout à fait satisfaisants ? Espérons-le.

PIERRE CHANLAINE.

LA FABRICATION MODERNE DES MONTRES EST SERVIE PAR DES MACHINES D'UNE PRÉCISION EXTRAORDINAIRE

Par Lucien FOURNIER

LA SCIENCE ET LA VIE, poursuivant ses études de vulgarisation sur les grandes industries françaises et étrangères, publie ci-dessous un article des mieux documentés et des plus accessibles sur l'état actuel de la fabrication des montres, fabrication délicate par excellence et qui fait appel à la plupart des branches de la science appliquée. A cet effet, notre envoyé spécial, M. Fournier, a parcouru les régions où cette industrie des montres est particulièrement développée, tant en France qu'en Suisse, afin de recueillir les documents les plus précis et les plus récents. L'accueil qu'il a reçu de tous les constructeurs a particulièrement facilité sa mission.

La merveille des merveilles. Comment est faite une montre

UNE montre ordinaire, une bonne montre, contient environ cent cinquante pièces. Nous nous garderons bien d'en faire une nomenclature et, pour simplifier, nous dirons tout de suite que toutes ces pièces appartiennent, pour le plus grand nombre, au mouvement, lequel est surmonté du cadran que parcourent les aiguilles. Le tout est enfermé dans un boîtier.

Le mouvement va nous retenir quelque peu, parce qu'en réalité il est toute la montre. Chacun sait déjà à peu près à quoi s'en tenir sur lui et aucun de nos lecteurs n'ignore qu'il comporte un *ressort-moteur* : un groupe de trois roues auquel on a donné le nom de *rouage*, un mécanisme qui s'appelle *l'échappement*, et enfin, comme dans beaucoup de machines, un *régulateur*. Peut-être les connaissances de quelques-uns, en cette matière, sont-elles plus étendues ; mais je suis bien



LA MONTRE LA PLUS COMPLI-
QUÉE QUI EXISTE

Elle a été construite dans les
ateliers L. Leroy.

convaincu que le plus grand nombre ignore à peu près tout de ces quatre éléments fondamentaux. Comme il est aussi utile de connaître sa montre que son auto ou son stylo, nous allons pénétrer un peu plus avant dans l'étude du mécanisme de la montre : il y a tant de choses à dire sur lui.

Le moteur. — Dans une montre, le moteur est un mince ruban d'acier enroulé en spirale et enfermé dans le barillet, petite boîte en forme de cylindre plat et creux. Le remontoir n'agit pas directement sur cet axe ; il fait tourner la *roue de couronne* (fig. page 38), qui, elle, entraîne une autre roue d'acier solidaire de l'axe du barillet.

Pour que le ressort ne se détende pas au cours du remontage, la roue d'acier ou rochet est maintenue par un cliquet.

La puissance d'un ressort de montre varie au cours de sa détente ; elle est presque deux fois plus faible au commencement du remontage qu'à la fin ; mais la perfection du mécanisme permet à la montre de ne pas en supporter les incon-

venients. Un ressort de 2 mm. 8 de largeur, 0 mm. 20 d'épaisseur et 60 centimètres de longueur pèse 2 gr. 30 seulement. Dans les toutes petites montres, le poids du ressort n'est que de quelques décigrammes.

On cite, comme curiosité dans le genre, la montre construite par M. P. Distisheim, dans laquelle le ressort n'emmagasine qu'un sept milliardième de kilogrammètre ! C'est-à-dire qu'il faudrait sept milliards de ressorts semblables pour produire un kilogrammètre, soit soulever un kilogramme à un mètre de hauteur !

Le rouage. — La roue dentée du barillet actionne un train de trois engrenages multiplicateurs, qui constituent le *rouage* et sont destinés à transmettre la force motrice à l'échappement. Ces roues remplissent encore une autre fonction, qui est d'actionner les aiguilles. L'une (fig. ci-dessous), dite *roue de centre* ou *grande moyenne*, porte l'aiguille des minutes et fait, par conséquent, un tour en une heure ; elle actionne la roue dite de *petite moyenne* et, par son intermédiaire, la *roue de champ* ou de *secondes*, qui porte l'aiguille des secondes, laquelle fait, comme on sait, un tour par minute. Quant à l'aiguille des heures, qui fait un tour en douze heures, elle est également placée sur la roue de centre et actionnée par l'intermédiaire d'un dispositif appelé *minuterie*, dans le détail duquel il nous paraît inutile d'entrer.

L'échappement. — Le dernier des organes du rouage engrène avec un pignon taillé sur l'axe de la roue d'échappement. Si le train d'engrenages était abandonné à l'action du ressort, celui-ci se détendrait très rapidement,

instantanément presque, et les rouages prendraient une vitesse vertigineuse, en raison de leur énorme multiplication. Il faut donc que cette détente soit limitée. Cette fonction appartient à l'échappement.

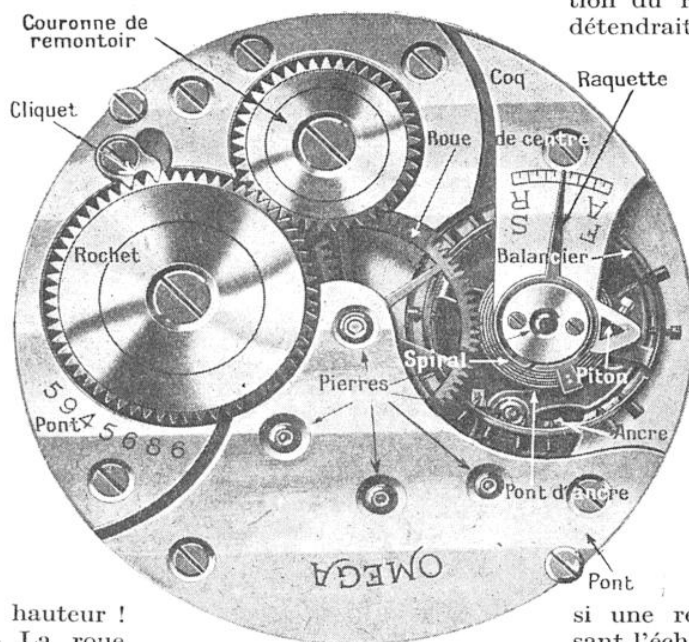
Il est, avec le régulateur, l'organe le plus délicat de la montre. Aussi, signalons-nous, en passant, que, si une réparation intéressante l'échappement n'a pas été faite avec tous les soins désirables, le meilleur des chronomètres se rangera immédiatement dans la catégorie des articles de quincaillerie. Il ne faut donc jamais confier sa montre qu'à un horloger très habile et très consciencieux.

Toutes les bonnes montres de fabrication moderne sont à échappement à ancre.

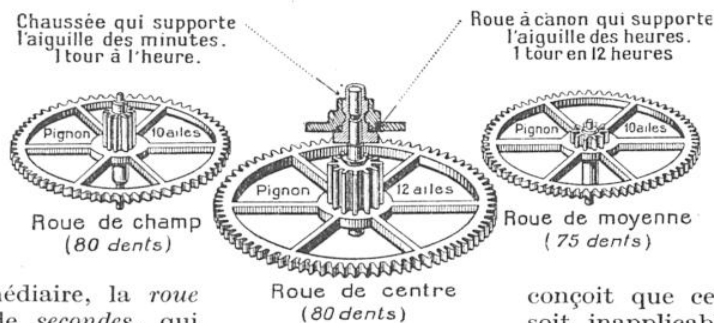
Le régulateur. — Dans une montre, comme dans une horloge, le régulateur de marche est le balancier. On

conçoit que celui de l'horloge soit inapplicable à la montre, qui doit marcher dans toutes les positions ; cependant, mieux que le premier, il possède la propriété d'effectuer ses mouvements en des temps égaux. On

dit que ses oscillations sont isochrones. Le balancier des montres emprunte son mouvement au *spiral*, qui fut inventé par Huyghens, vers 1674, et perfectionné par



CE QUE L'ON VOIT QUAND ON OUVRE LE BOITIER INTÉRIEUR D'UNE MONTRE



LES TROIS ENGRENAGES MULTIPLICATEURS QUI CONSTITUENT LE ROUAGE

Louis-Abraham Bréguet. Phillips établit la théorie du spiral et détermina par le calcul la forme à donner à l'extrémité intérieure de cet organe pour que les oscillations soient absolument parfaites.

Le balancier et le spiral sont les deux pièces les plus visibles quand on regarde le mouvement du côté opposé au cadran. Le premier est un mignon petit volant coupé en son milieu, chacune des deux parties étant reliée à l'autre par un bras au centre duquel passe l'axe du balancier. Le volant est constitué par deux métaux juxtaposés, l'acier et le laiton, de manière à obtenir automatiquement la compensation des effets, sur le spiral, dus aux changements de température. Lorsque la température augmente, le métal extérieur (laiton) se dilate plus que le métal intérieur (acier), et cette plus forte dilatation compense la diminution du coefficient d'élasticité du spiral. Celui-ci est

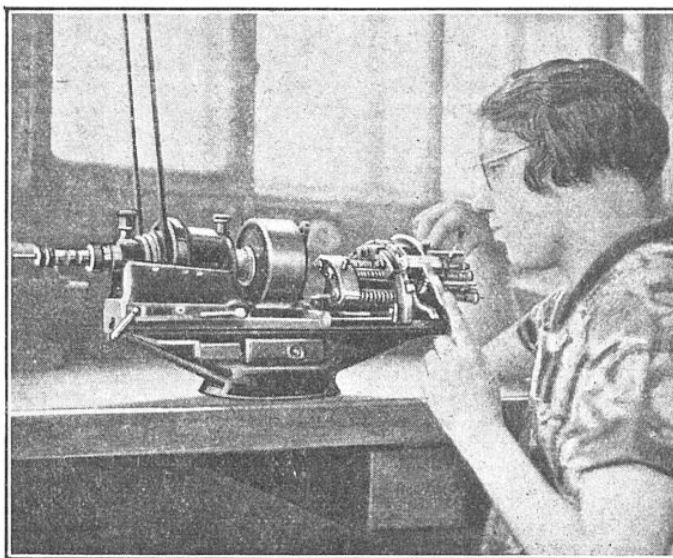
fixé à l'axe du balancier par l'intermédiaire d'une virole, l'autre extrémité étant attachée à une partie fixe de la montre. Si on écarte le balancier de sa position de repos et qu'on l'abandonne ensuite à lui-même, il se met à osciller, mais les oscillations diminuent rapidement d'amplitude et ne tardent pas à s'éteindre. C'est que, comme le balancier d'une horloge, celui de la montre a besoin d'être entretenu par une force extérieure, qui lui est fournie par le ressort-moteur.

Le balancier porte de seize à dix-huit vis fixées sur sa périphérie, qui lui donnent du poids et permettent de l'équilibrer dans toutes les positions. En les déplaçant, on fait varier le rayon du balancier plus ou moins, suivant la déformation qu'il subit à diverses températures. C'est la compensation. L'amplitude des oscillations varie avec le degré de tension du ressort ; ainsi, après une heure de marche, ces oscillations

ont une amplitude totale de 525 degrés et de 320 degrés seulement après vingt-quatre heures de marche. Comme il est nécessaire de réaliser pratiquement l'égalité théorique de marche, l'isochronisme, entre les grandes et les petites oscillations, on y parvient par le réglage de la forme des courbes terminales du spiral.

Le spiral est extrêmement léger. Celui d'une toute petite montre de cinq lignes (11 millimètres environ) pèse $1/256^e$ de carat, soit moins d'un milligramme ; il peut porter trente-deux fois son poids sans se déformer.

Le réglage de la montre peut être rectifié par le porteur, en agissant sur la *raquette*, petite aiguille métallique que l'on pousse sur le retard ou sur l'avance suivant les cas. Cette aiguille se termine par deux goupilles, entre lesquelles passe le spiral ; on allonge ou raccourcit ainsi la partie vibrante. Le déplacement de la raquette sur

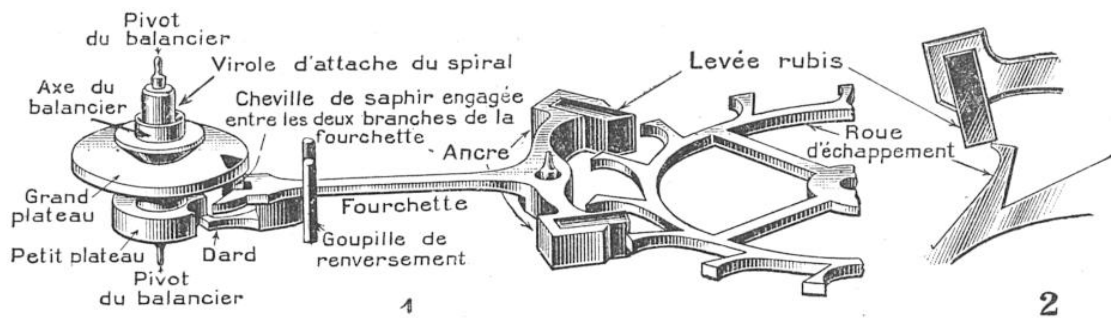


TOUR A BURIN POUR CREUSER LES PLATINES (OMÉGA)

une seule de ses divisions modifie de près d'une demi-minute la marche quotidienne de la montre.

Ponts et rubis. — Toutes les pièces dont nous venons de parler étaient maintenues autrefois entre deux platines. Actuellement, la montre ne comporte plus qu'une platine, située du côté du cadran. C'est un disque de laiton qui porte les trous des vis, des pivots, des pieds de ponts, et que l'on évide, par places, pour y loger les organes. Ces évidements sont appelés les *noyures*. Les *ponts* remplacent la platine supérieure ; ils sont très différents de formes, suivant les constructeurs, et comportent, eux aussi, des noyures ; des pieds ou goupilles permettent de les engager sur la platine à la place qu'ils doivent occuper, et des vis les y assujettissent.

Une centaine de pièces, dans une montre, sont en mouvement ; les frottements, qui



ÉCHAPPEMENT DES MONTRES LONGINES

1. On voit, ici, tous les organes qui relient le balancier à la roue d'échappement. — 2. Quand l'échappement n'est pas parfait, une dent passe difficilement sur le plan incliné ; la montre s'arrête et un choc peut la remettre en route pour quelques instants.

absorbent une partie de la puissance motrice, sont donc très nombreux. On les réduit par l'emploi de pierres fines, dans lesquelles ou sur lesquelles roulent les pivots ; ce sont, en général, des rubis, des saphirs, des grenats, dont le prix varie suivant leur qualité et les soins apportés à leur achèvement. Avant la guerre, un kilogramme de pierres fines pour la montre coûtait, en grenats, de 80.000 à 90.000 francs ; en saphirs, de 120.000 à 600.000 francs, et, en rubis, de 1 million à 3 millions. Actuellement, on peut multiplier ces chiffres par 5. Mais un kilogramme contient peut-être cent mille pierres. On pourrait également chiffrer approximativement le prix du kilogramme d'acier travaillé en spiraux ; il serait de 25.000 à 30.000 francs, c'est-à-dire plus cher que l'or pur.

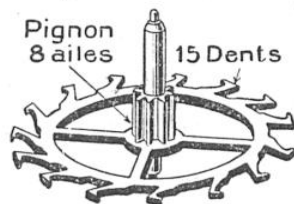
L'industrie horlogère franco-suisse

C'est en France que fut créée la première usine travaillant en série avec un caractère moderne, sur l'initiative de Frédéric Japy. Peu après, la Suisse se mit également à la fabrication mécanique et concurrença rapidement l'industrie française. Mais les États-

Unis ne tardèrent pas à intervenir en inaugurant le machinisme ; la Suisse s'engagea à son tour dans la même voie, de sorte que le Jura franco-suisse est devenu une région industrielle de tout premier ordre. La Société française Zénith a su également adopter, dans ses très importantes usines de Besançon et de Versailles, les méthodes et les procédés les plus modernes qui ont permis à la Suisse de réaliser une exportation annuelle de 50 millions.

Les progrès mécaniques réalisés par les industriels suisses ont eu une autre conséquence. C'est que, plus les machines sont parfaites, plus elles produisent, ce qui est le but principal poursuivi, mais aussi moins elles exigent d'ouvriers habiles. Dans toutes les usines, la question de l'outillage joue un rôle prépondérant. C'est lui qui, en effet, permettra de réaliser l'interchangeabilité de toutes les pièces, progrès énorme s'il peut un jour être obtenu intégralement.

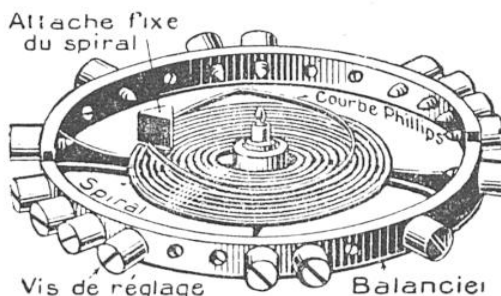
D'autre part, cette industrie, considérée dans son ensemble, est extrêmement divisée. Peu de maisons font la montre complète ; il n'en est même pas une seule, pas plus en France qu'en Suisse.



Roue d'échappement

LES DENTS DE LA ROUE D'ÉCHAPPEMENT ASSURENT LA LIAISON AVEC L'ANCRE

Elle fait un tour en un dixième de minute. Pendant ce temps, l'ancre oscille trente fois, ce qui donne 18.000 « tic tac » à l'heure.



RÉGULATEUR

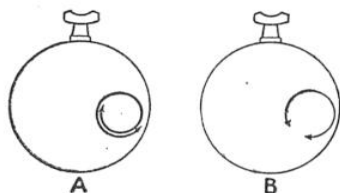
LE RÉGULATEUR COMPREND LE BALANCIER, QUI EMPRUNTE SES MOUVEMENTS AU SPIRAL

Un point quelconque pris sur la circonférence du balancier parcourt environ 16 kilomètres par jour. Un écart de un millième de seconde par oscillation suffit pour faire varier la montre de 432 secondes par jour.

d'ailleurs, qui fabrique ses spiraux. Très peu font les balanciers, les ancrs, les boîtiers, le cadran. Il existe, dans toute la région horlogère du Jura suisse et français, une quantité innombrable d'usines spécialisées, dont les plus importantes sont les fabrications d'ébauches et celles de finissages. Les ébauches comportent tous les organes ordinaires : platine, ponts, barillet, qu'on livre tout assemblés aux fabricants ; le finissage réside dans la fabrication du rouage.

Ailleurs, on construit les ancrs, les balanciers, les ressorts, les vis, les spiraux ; on prépare les pierres fines, etc...

Ainsi se résout d'une manière de plus en plus précise le problème de la production

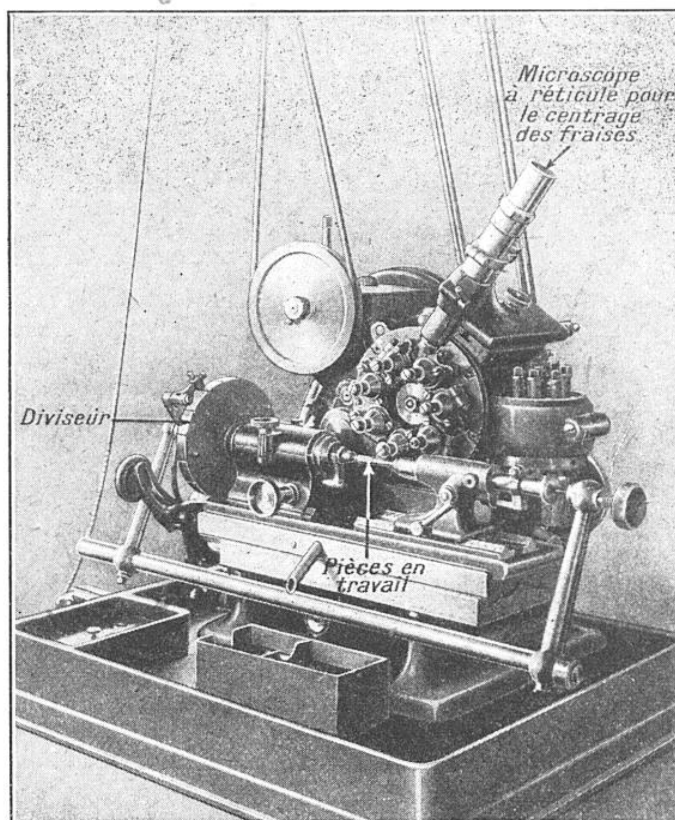


LES OSCILLATIONS DU BALANCIER

A, une heure après le remontage, les oscillations du balancier atteignent 525 degrés d'amplitude; B, après vingt heures de marche, elles n'ont plus que 320 degrés.

amenées à constater que leur prix de revient est égal à celui de l'achat des pièces détachées.

L'interchangeabilité absolue des pièces



VUE D'ENSEMBLE DE LA MACHINE A TAILLER LA DENTURE DES ROUES D'ÉCHAPPEMENT (OMÉGA)

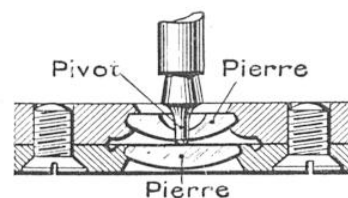
importantes a été obtenue en ces dernières années, par exemple, dans la fabrication des ponts. Naguère, les pieds de ponts, qui servent de liaison entre le pont et la platine, étaient constitués par des goupilles que l'on entraînait à force dans les trous creusés à l'avance pour les recevoir. Actuellement, on obtient ces ponts par étampage à la presse. L'étampe étant toujours la même, tous les ponts qui lui sont soumis ont leurs pieds exactement de mêmes dimensions et placés à la même distance

les uns des autres. Comme toutes les étampes de tous les ponts et des platines sont établies d'après les mêmes dessins, l'interchangeabilité de toutes ces pièces est réalisée d'une manière parfaite.

L'outillage des manufactures horlogères

Aucune industrie n'exige un nombre aussi important de machines. Nous avons visité, trop hâtivement, hélas ! au cours d'un voyage dans

la région de Besançon et de Neuchâtel, quelques-unes des usines les plus importantes aussi bien sur le territoire français qu'en Suisse. On est confondu lorsque, pour la



VOICI COMMENT SONT DISPOSÉES LES PIERRES DU PIVOT DU BALANCIER

Ces pierres sont des rubis, des saphirs ou des grenats de qualités différentes, selon la valeur des montres.



première fois, on assiste aux travaux énormes et si minutieux que ces machines sont capables d'exécuter. Elles fourmillent dans les usines les plus importantes, groupées par ateliers, par séries, à des étages différents, travaillant toutes, les unes à la fabrication de l'outillage, les autres à la préparation des pièces ; d'autres interviennent dans les vérifications dans les essais. C'est

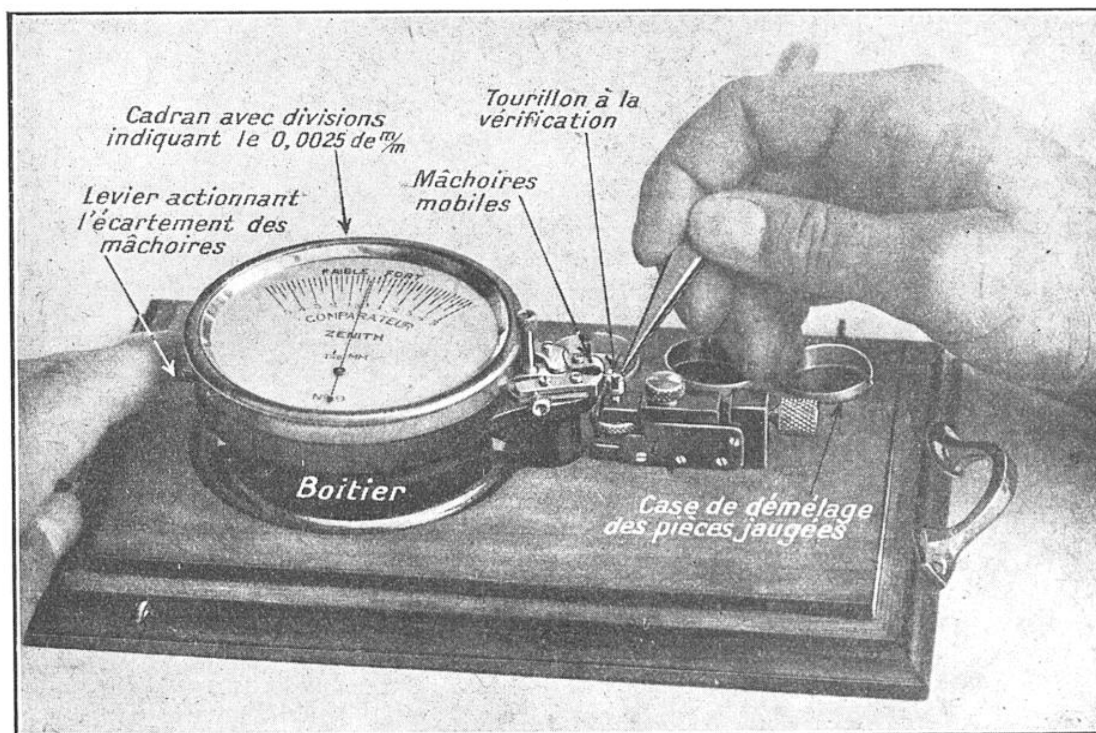
Toute « fabrique » importante possède un atelier de machines-outils, où l'on étudie sans cesse les modifications à apporter au matériel d'usinage. Le but de cet atelier n'est donc pas de construire de plus en plus de machines pour les besoins de la « fabrique » à laquelle il appartient ; il remplit une fonction plus élevée en se posant, en quelque sorte, en laboratoire de recherches et d'exécution, sous la direction d'un chef-mécani-

cien, servi par des dessinateurs et dix, vingt, trente mécaniciens très expérimentés, quelquefois davantage. Là aussi se préparent les étampes pour le façonnage des ébauches. Voici le banc du modelleur, qui façonne les modèles destinés à la fonderie, des raboteuses automatiques pour travailler la fonte brute, des machines à fraiser, des machines à meuler tournant à 30.000 tours à la minute, des machines à rectifier les surfaces planes,

ment très appréciés dans la détermination et le contrôle des pièces délicates de l'échappement, qui, comme on le sait, sont exécutées en rubis ou en saphirs.

Le pantographe, utilisé, jusqu'ici, avec succès dans les ateliers de gravure, a reçu également une application en horlogerie pour la production des pièces modèles à une échelle déterminée.

L'appareil que les grandes usines uti-



COMPARATEUR AU CENTIÈME DE MILLIMÈTRE

La pièce à vérifier est introduite entre deux mâchoires, dont l'écartement est indiqué par le déplacement de l'aiguille sur le cadran gradué.

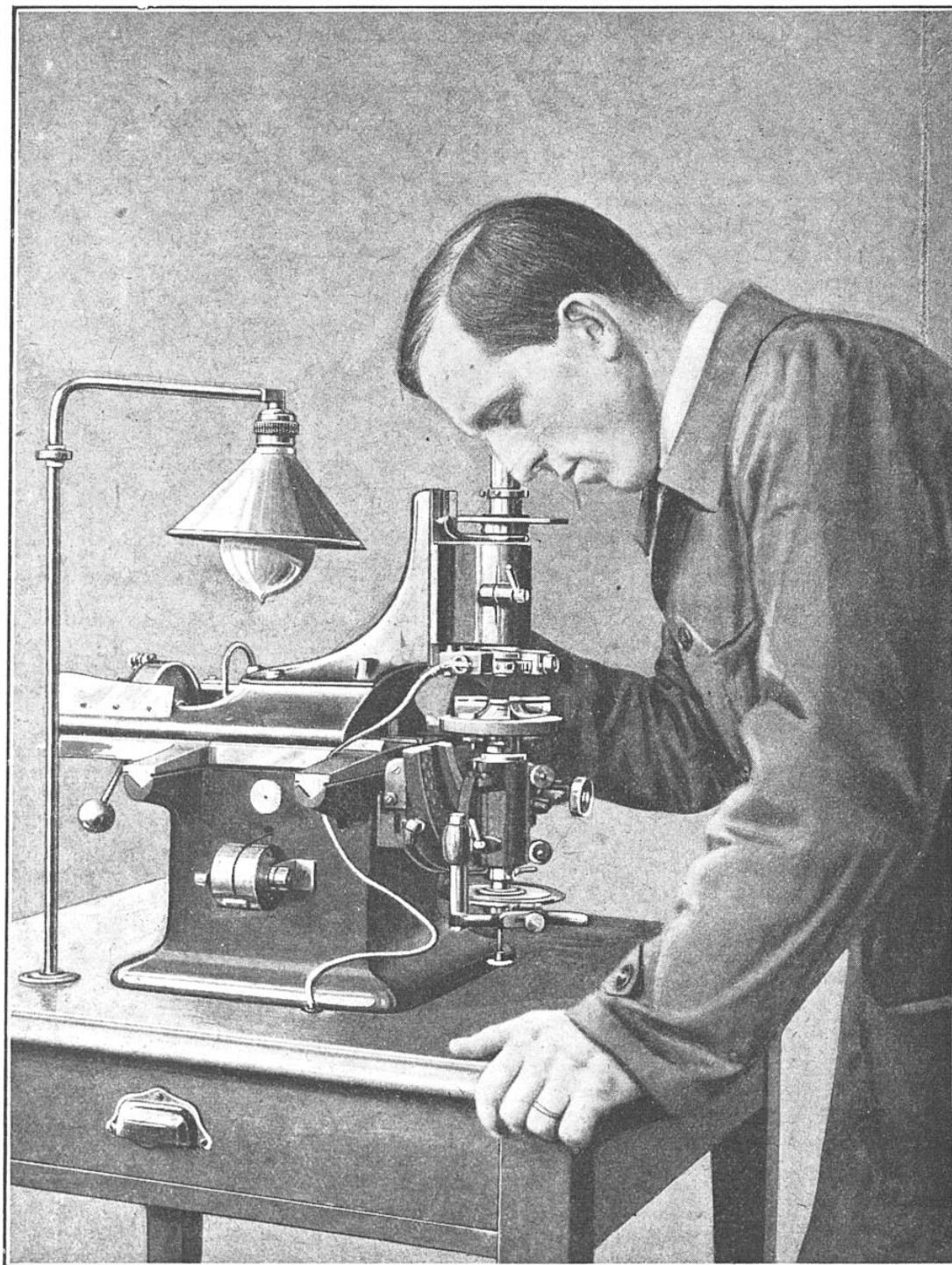
si minces qu'il est nécessaire de les maintenir sur la plate-forme par l'action de puissants électro-aimants, etc., etc...

Jusqu'à ces dernières années, rien n'était plus difficile que d'obtenir des fraises à tailler les engrenages à profil rigoureusement théorique. Un appareil à projections a été construit spécialement pour les besoins particuliers de l'industrie horlogère. Il est muni d'un objectif réalisant, autant que possible, le parallélisme des rayons lumineux, annulant ainsi toute déformation de l'image produite. (Voir la page en couleurs hors texte.)

Il permet de projeter le profil usiné, très agrandi, et de le superposer au dessin même. Les services de cet instrument sont égale-

ment pour le réglage de précision, désigné sous le nom de campyloscope, permet, non seulement de vérifier, mais aussi de former méthodiquement les courbes terminales des spiraux avec une précision absolue. Ces courbes sont tracées de telle manière que le centre de gravité du système balancier-spiral, au repos et pendant le mouvement, coïncide exactement avec l'axe du balancier, condition *sine qua non* d'un bon réglage.

Pour vérifier la position des centres, on utilise une machine très précise, la machine Dixi, que représente notre photographie de la page 44 hors texte. C'est une machine à coordonnées rectangulaires. La pièce à examiner est placée sur le plateau, une lampe



LE COMPAREUR SYSTÈME DIXI

Cette machine permet de pointer les distances entre deux axes, suivant des données théoriques, et, ensuite, de les vérifier. Elle comporte un microscope de lecture grossissant soixante fois en surface, avec un réticule réglable en croix. Il existe plusieurs modèles de machines Dixi.

électrique l'éclaire violemment. Elle est surmontée d'un microscope qui permet de centrer une position déterminée, celle d'un axe, par exemple. Cette opération étant faite, on lit les graduations données par la machine qui définissent la position par des nombres.

La position d'un deuxième axe de la même pièce est examinée dans les mêmes conditions et se révèle également par la lecture directe des coordonnées. Ces nombres donnent jusqu'à 0,002 de millimètre.

A côté de ces instruments, chaque chef d'atelier dispose d'un microscope de construction plus simple, mono ou binoculaire, pour obtenir le relief de la pièce, et d'un nombre considérable de micromètres, de comparateurs adaptés à chaque cas particulier.

Quelques mots sur la fabrication des montres

La fabrication d'une montre débute par celle des ébauches, c'est-à-dire de la platine et des ponts. Les lames de laiton, d'épaisseur suffisante, passent aux découpoirs, qui taillent, sans arrêt, toutes les pièces, comme, à la Monnaie, les découpoirs font jaillir les flans. D'autres machines, des presses, arrondissent les angles de toutes ces pièces, qui partent ensuite par séries à l'atelier d'ébauche, où des burins, des fraises, des forets les entaillent pour y laisser des noyures, les perforent aux endroits des pivots et des vis, les ramènent aux dimensions voulues.

Alors interviennent une centaine de machines qui produisent les petites pièces d'acier, sans demander le concours d'aucun ouvrier. Tout ce qu'elles exigent, c'est d'être alimentées en matière première ; elles

se chargent de l'exécution. Il en est qui tournent le barillet et en exécutent la denture ; d'autres taillent les roues, les pignons ; d'autres encore les polissent : plus loin, les vis, les unes microscopiques, sortent des machines à raison de huit par minute. Certaines de ces vis, destinées aux montres de dames, pèsent seulement 1 mmgr. 700 ; on en extrait plus de 550.000 d'un kilogramme d'acier ! Comme il y a une cinquantaine de vis dans une montre ordinaire, une

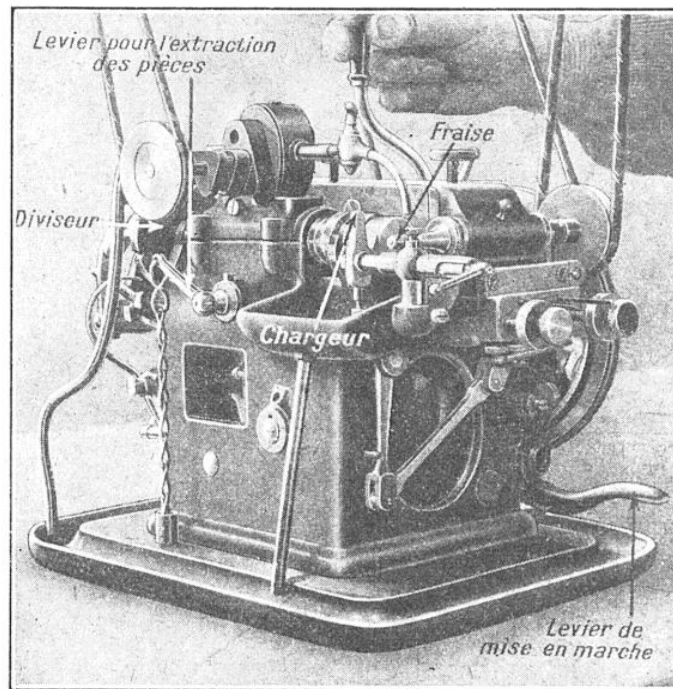
usine produisant 500 montres par jour a donc besoin de 25.000 vis, c'est-à-dire de sept machines travaillant sans arrêt. Comme certaines usines produisent 700, 800 et même 1.000 montres par jour, on juge par là de l'importance de l'outillage.

Mais, avant de passer aux machines, l'acier a subi la trempe afin d'acquies une dureté suffisante pour mieux résister à l'usage. Chauffé d'abord à 900 degrés, puis brusquement refroidi, il subit ensuite un re-

cuit à 200 ou 300 degrés. Le recuit se fait au four électrique.

Il serait fastidieux de décrire toutes les machines qui interviennent dans la fabrication. Nous pouvons cependant donner quelques renseignements généraux sur quelques-unes d'entre elles. Voici, par exemple, la machine à tourner les pièces de laiton et de nickel, qui fait, à elle seule, le travail de quatre à cinq ouvriers tourneurs, et un seul mécanicien en conduit toute une série. Elle pèse, d'ailleurs, 1.000 kilogrammes, et son prix de revient n'est pas inférieur à celui d'une limousine de grande marque.

Une autre, de dimensions plus réduites, taille automatiquement les dents des pignons



MACHINE A TAILLER LES ROUES DE REMONTOIRS

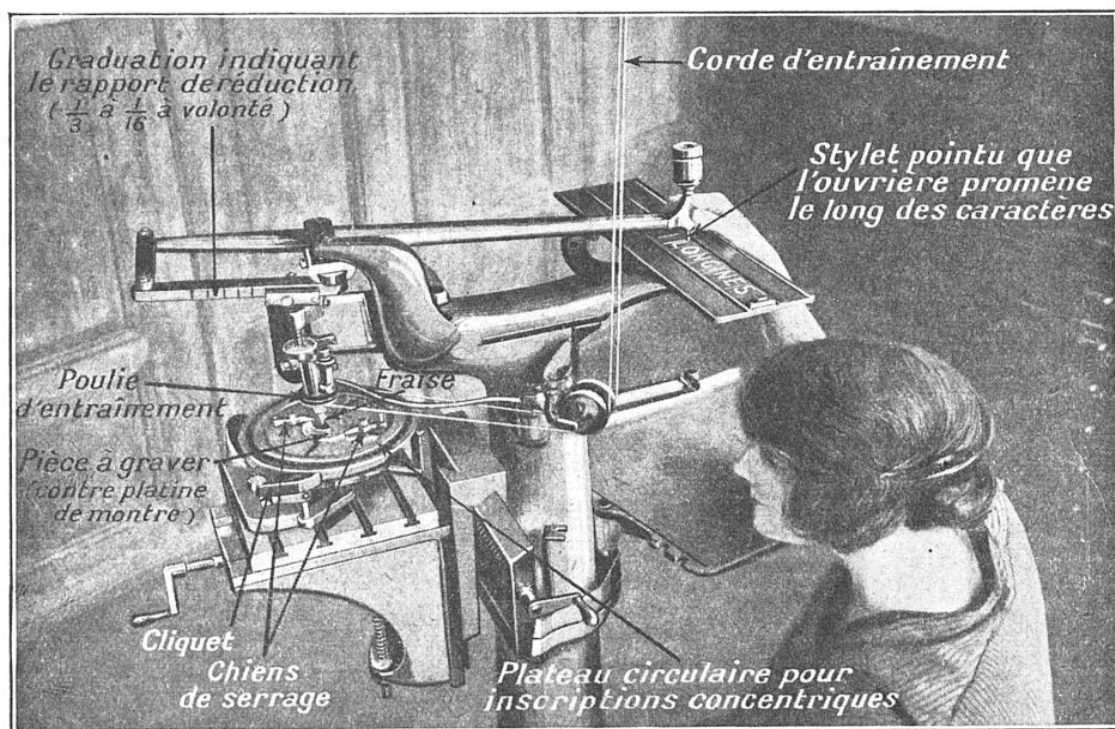
Cette machine travaille sans le secours d'aucun ouvrier : il suffit d'assurer son alimentation.

où viennent engrener les roues du mouvement. Ces dents, ou ailes, n'ont, parfois, pas plus de 6 centièmes de millimètre de largeur et 20 centièmes de millimètre de hauteur.

Le travail manuel dans l'industrie horlogère

Il semblerait, dans ces immenses usines, où le progrès a porté la fabrication à la perfection, qu'il n'y ait plus de place pour le

serait incapable de leur apporter. D'autre part, le remontage, qui réside dans la mise en place du mécanisme de remontoir, du mécanisme de mise à l'heure, du finissage (rouage) de l'échappement et, enfin, le réglage, ne peuvent être confiés qu'à des horlogers de précision, spécialisés sur une partie, qui acquièrent ainsi la grande expérience nécessaire à l'exécution de ces travaux délicats. Dans les grandes usines, les horlo-



PANTOGRAPHE POUR GRAVER LES CONTRE-PLATINES DE MONTRES

On l'emploie également pour graver les boîtiers.

travail manuel. Il ne peut en être ainsi, car l'assemblage de toutes les pièces construites mécaniquement n'est possible qu'à la main, et les travaux de vérification et de réglage, de plus en plus précis, seront toujours l'apanage des spécialistes, des techniciens.

Toutes les pièces mobiles, décollées à la machine, sont terminées par l'horloger, parce que de leur fini dépend la qualité de la montre. C'est ainsi que les saphirs ou les rubis percés de trous, dont le diamètre ne dépasse pas, parfois, 8 centièmes de millimètre, qui reçoivent des pivots dont les dimensions de diamètre ne doivent pas varier de plus de 5 millièmes de millimètre, exigent une précision que n'importe quelle machine

gers sont groupés dans un atelier bien calme, où l'on n'entend d'autre bruit que celui du tic tac des horloges servant au réglage. Certaines usines comportent quatre ou cinq ateliers d'horlogers dont les établis s'alignent devant de larges fenêtres. Plusieurs centaines de remonteurs y travaillent en permanence, dans un religieux silence.

Le travail des horlogers est encore vérifié par des « visiteurs », qui n'hésitent pas à retourner à l'intéressé un remontage insuffisamment précis. Et le chef d'atelier examine encore lui-même des remontages pris au hasard pour s'assurer de la perfection générale du travail.

C'est en dernier lieu que l'on pose le

balancier et le spiral, qui constituent le régulateur de la montre, réglé par des jeunes filles à l'aide d'un appareil spécial (fig. page 48). Après quoi interviennent les *retoucheurs*, qui effectueront les corrections nécessaires aux mouvements avant la mise en boîte.

Les *termineurs* y mettent la dernière main avant que la partie commerciale de l'entreprise en prenne livraison ; ils doivent définir la cause d'une erreur pour la faire disparaître. Ce sont des praticiens très avertis, desquels dépend la perfection de la marche des montres.

Pour ce qui concerne les instruments exigeant une précision très méticuleuse, chronomètres de bord et de poche, chronographes, les opérations de réglage se poursuivent pendant six semaines dans des conditions de température et de position différentes que nous indiquons en parlant des observatoires chronométriques. Les fabricants se placent, en effet, exactement dans les mêmes conditions que les contrôleurs officiels, avec le même matériel. On peut même ajouter que les exigences des régulateurs industriels dépassent celles des observatoires lorsqu'il s'agit de s'attribuer des bulletins de première classe pour les chronomètres de marine, par exemple.

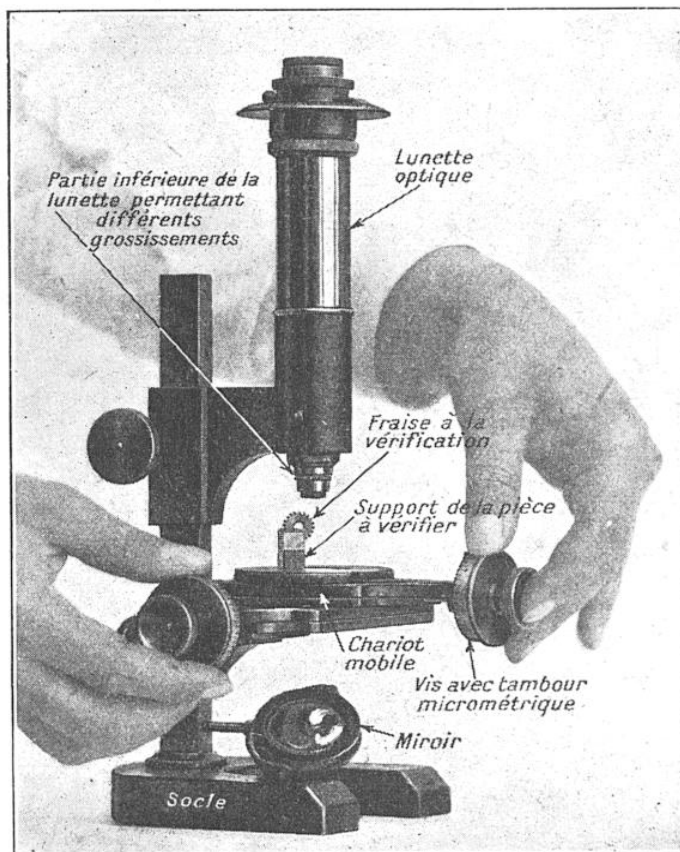
Le cadran et les aiguilles

Les cadrans métalliques sont très utilisés dans la fabrication des montres plates,

parce que leur épaisseur peut être très réduite ; ils sont faits en or, argent, laiton, acier et diversement décorés.

L'industrie des aiguilles est extrêmement compliquée, non par la fabrication elle-même, qui se réduit, pour les aiguilles ordinaires, au laminage et au découpage, mais en raison du nombre infini de modèles qui

sont demandés, par la clientèle dont le goût est toujours plus ou moins sûr. Certains fabricants d'aiguilles possèdent plusieurs milliers de modèles différents. Le travail est, d'ailleurs, extrêmement délicat, surtout pour ce qui concerne les aiguilles des montres minuscules. Ainsi une paire d'aiguilles pour montre de 5 lignes (11 mm.) ne pèse que 4 mmgr. 05, une aiguille de seconde en acier, pour montre ordinaire de dame, pèse à peine un milligramme. Il est des aiguilles d'or, enrichies de pierreries, que l'on trouve



MICROSCOPE THURY ET AMEZ POUR VÉRIFIER LES PETITES PIÈCES (ZÉNITH)

Ce microscope permet de voir la pièce en relief.

surtout sur les bijoux anciens.

Les boîtiers

L'habit ne fait pas le moine, nous a appris le sage. Combien d'acheteurs de montres, cependant, préfèrent l'aspect extérieur à l'assurance d'un mouvement irréprochable ! Nous observons, d'ailleurs, le même phénomène dans les négociations pour l'achat d'une automobile : c'est l'aspect extérieur, le confort, le luxe de la carrosserie qui l'emportent sur la valeur du moteur.

Aussi les industriels ont-ils eu soin d'orne-

menter les boîtiers de montres de compositions plus ou moins artistiques et de les enrichir de pierreries. Les montres de dames, surtout, en sont couvertes. Cependant, ni les brillants ni les rubis ne leur assurent une marche correcte. En général, les montres trop petites ne peuvent qu'exceptionnellement être parfaites. Il est vrai que, le plus souvent, leur propriétaire se désintéresse de leur marche.

Les boîtiers se font en platine (actuellement le métal natif est très peu employé), en or, en argent et en acier.

Les montres spéciales, chronomètres et chronographes

Une bonne montre, très soignée, qui a subi toutes les épreuves entre les mains d'un horloger, est un garde-temps qui varie de dix, vingt, trente secondes ou même de une minute par jour, dans le sens de l'avance ou du retard, mais jamais dans un sens un jour et dans un autre sens le lendemain, malgré les différences de température auxquelles elle peut être soumise.

Souvent de bonnes montres sont vendues sous le nom de chronomètres. Elles peuvent parfois en posséder toutes les qualités, mais elles n'ont droit à ce qualificatif qu'accompagnées d'un bulletin de marche relevé dans l'un des observatoires chronométriques de Besançon, de Neuchâtel, de Teddington, de Genève, pour l'Europe. Le qualificatif de chronomètre peut, d'ailleurs, s'appliquer à toutes les montres sans exception, puisque toutes mesurent le temps, mais le chrono-

mètre de bord, comme celui de poche, est toujours accompagné du bulletin de marche qui en garantit la qualité.

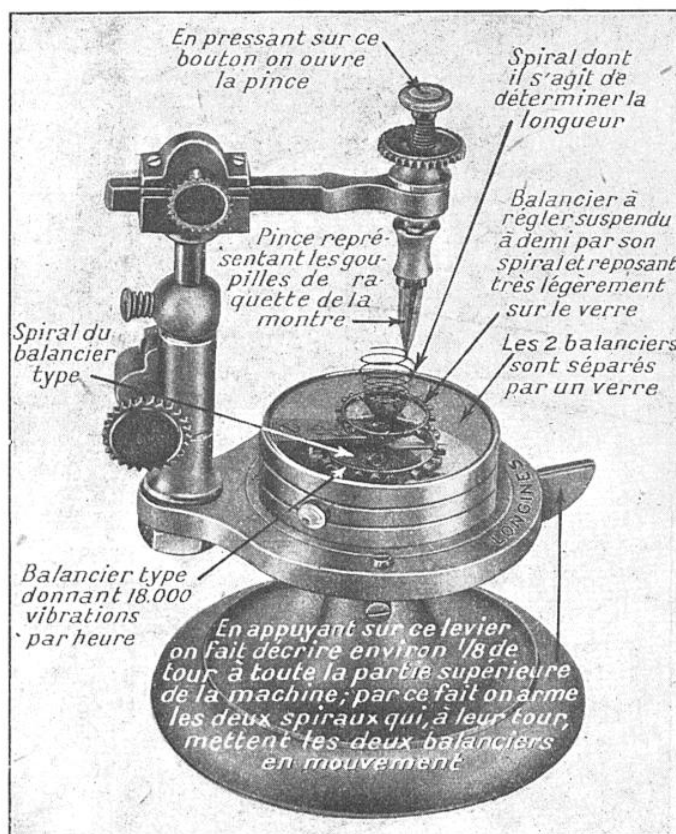
Dans les « fabriques », les chronomètres sont soumis à une série d'épreuves très délicates, qui durent quarante-quatre jours. Les variations en plus ou en moins sont de quelques secondes par jour seulement.

Les chronographes répondent à un autre besoin ; ils sont nés avec les sports et permettent de mesurer, à une courte fraction de seconde près, le temps employé, par un mobile, homme, cheval, voiture, etc., à accomplir un certain parcours.

Les montres compliquées

L'amour des petits mécanismes a conduit les horlogers, épris d'indépendance, à sortir des sentiers battus pour résoudre des problèmes dont la complication ne leur paraissait jamais assez grande. De très nombreux spécimens de

pièces d'horlogerie accusent la réalisation d'œuvres inédites. Cette habitude, contractée dès les origines de la fabrication de la montre, ne se perd pas. Nous avons pu rencontrer, à Besançon, un de ces horlogers spécialistes qui travaillent, sans l'aide d'aucun ouvrier, à des montres se singularisant par une caractéristique quelconque. M. Friez a mis en fabrication une montre de 6 lignes, soit exactement 13 mm. 536 de diamètre, dont l'épaisseur du mouvement n'est que d'un millimètre. Ce mouvement est destiné à prendre place dans une pièce de une



MACHINE A RÉGLER LES MONTRES

Elle sert à déterminer la longueur du spiral, c'est-à-dire l'endroit où les goupilles de la raquette viendront limiter la partie utile du spiral (Longines).

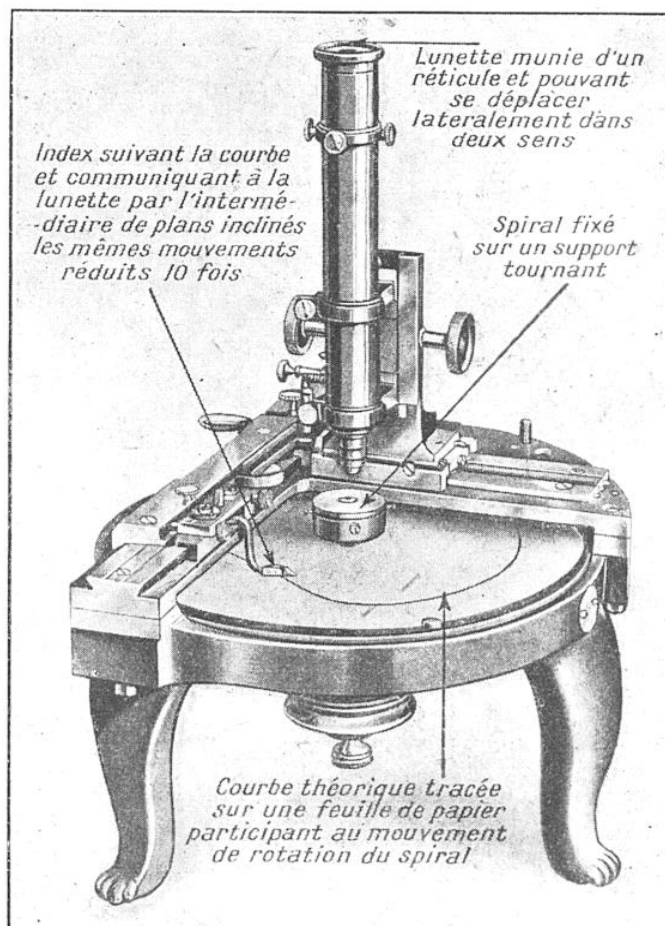
livre sterling évidée et pourvue d'un couvercle découpé sur la face de la pièce.

Les ateliers Leroy ont également construit une montre-bague, que nous reproduisons, à la fin de cet article, en vraie grandeur, mais dont le mouvement a plus d'épaisseur parce que cette montre sonne les heures et les quarts. Le petit amour du haut frappe avec un marteau sur une cloche minuscule pour sonner les heures, et celui du bas pour sonner les quarts. C'est là un type de montre à automates, autrefois très en faveur. Les montres à sonnerie se font sur des mouvements de 8 lignes (18 mm), et 2 mm. 1/2 d'épaisseur ; elles sonnent les heures et les quarts ; celles dites à grande sonnerie permettent, en outre, d'obtenir la sonnerie en agissant sur un poussoir. Ces montres ont 4 mm. 1/2 d'épaisseur et contiennent de véritables petits carillons avec quatre marteaux.

Il existe également une catégorie de montres dites astronomiques, qui sont des merveilles de complication. Celle que représente la première figure de notre étude est la plus compliquée de toutes. Elle fut construite dans les ateliers de M. L. Leroy, à Paris, et figura à l'Exposition Universelle de 1900. Elle est à deux cadrans (nous n'avons pu reproduire le deuxième parce que trop chargé d'indications) et donne le quantième de jours, le quantième des dates, le quan-

tième perpétuel de mois et années bissextiles, le millésime pour 100 ans, par cadrans de 10 ans, les phases et l'âge de la Lune, les saisons, solstices et équinoxes, l'équation du temps, un chronographe, un compteur de minutes, un compteur d'heures, le développement du ressort, une grande sonnerie et

petite sonnerie, la répétition des heures, quarts et minutes sur trois timbres accordés, l'état du ciel correspondant au quantième, animé du mouvement sidéral avec 226 étoiles, un cercle de vingt-quatre heures se présentant devant 125 villes du monde, les levers de soleil, les couchers du soleil, un thermomètre centigrade, un hygromètre, un baromètre, un altimètre pour 5.000 mètres, un cadran avec aiguilles d'avance et de retard, une boussole, et enfin sur la boîte les douzes signes du zodiaque. Soit, au total, 23 complications. Elle contient 975 pièces et fut achetée pour



LE « CAMPYLOSCOPE »

C'est un appareil qui permet d'établir la forme rigoureusement théorique de la courbe terminale des spiraux (Oméga).

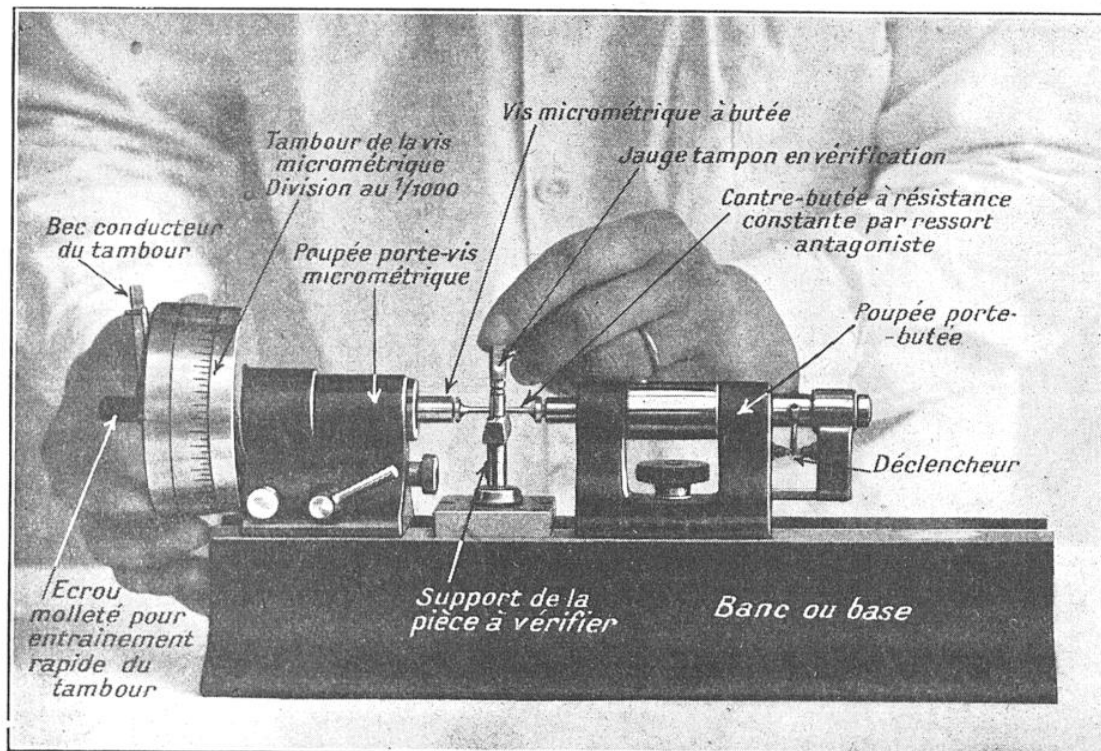
20.000 francs. Ajoutons que son propriétaire l'a mise à l'assurance pour 200.000 francs.

M. Friez, dont nous avons déjà parlé, vient de faire breveter un mouvement à deux barillets, à deux ressorts par conséquent, qui possède, entre autres avantages, celui de permettre de diminuer la hauteur des ressorts afin de réduire encore l'épaisseur des mouvements. On trouve des artistes horlogers dans tous les pays, mais ceux du Jura sont les plus réputés.

Les observatoires chronométriques

Il n'existe qu'un seul observatoire chronométrique en France, celui de Besançon, créé par décret du 11 mars 1878. L'observatoire, placé sous la direction d'un savant d'une haute valeur technique, M. Lebeuf, occupe un parc de 7 hectares qui couronne un mamelon à l'ouest de la ville, de 311 mètres

classes, que mentionnent les bulletins de marche remis aux constructeurs. Un poinçon, représentant une tête de vipère, est appliqué par l'observatoire sur la partie apparente de la platine. La tête entourée d'une ellipse est dirigée concentriquement dans les chronomètres de première classe, radialement dans ceux de deuxième classe. Il existe encore deux observatoires chronométriques en



COMPARATEUR AU MILLIÈME DE MILLIMÈTRE (ZÉNITH)

La pièce est serrée entre la butée et la contre-butée; le tambour permet de lire la mesure exacte à un millième de millimètre près.

d'altitude. Les bâtiments de chronométrie occupent la partie nord du parc.

Les épreuves auxquelles sont soumis les chronomètres de poche, ont une durée de 44 jours, divisée en 8 périodes successives : 3 de 5 jours, 4 de 6 jours et une de 5 jours. Les observations portent sur la marche de l'instrument pendant les positions qu'il est susceptible de prendre dans les divers actes de la vie courante : suspendu, incliné d'un quart de tour à droite et à gauche, couché sur le boîtier ou sur le verre. Le chronomètre est observé à la température normale, puis placé dans des glacières à zéro degré, enfin dans des étuves à 30 degrés.

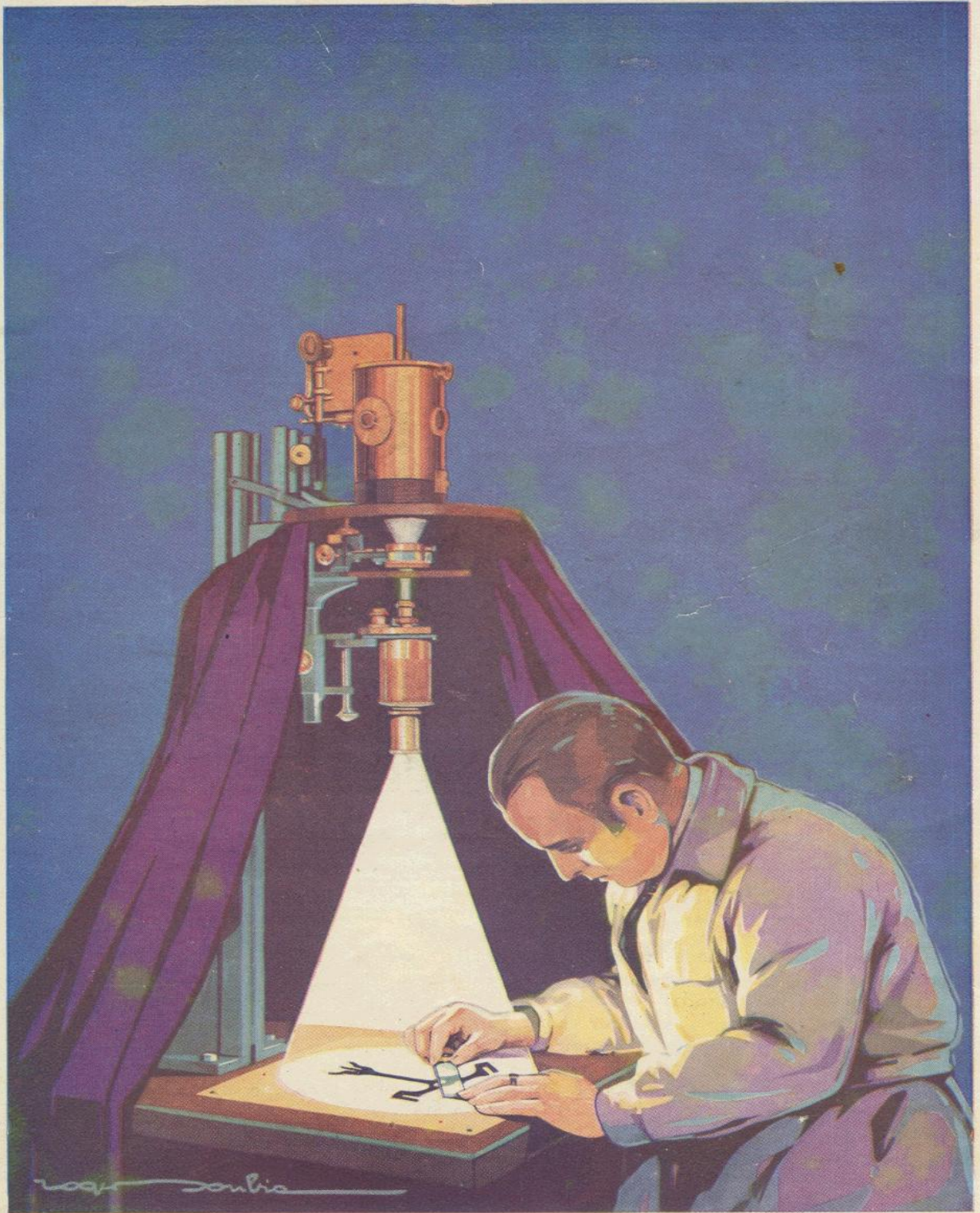
Les chronomètres appartiennent à deux

Suisse, à Neuchâtel et à Genève, et un en Angleterre, à Teddington, qui a remplacé celui de Kew.

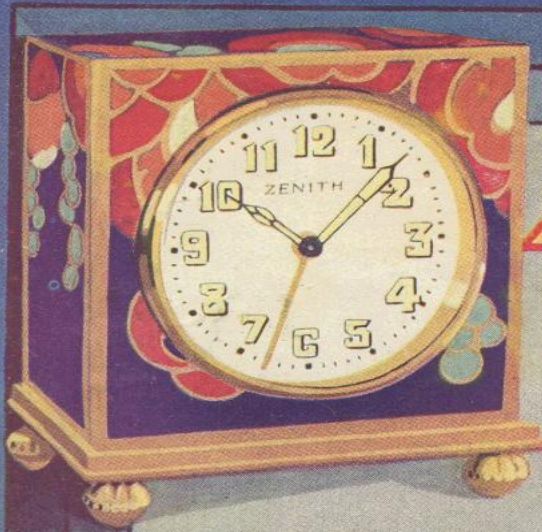
L'Université de Besançon possède un laboratoire de recherches chronométriques, qui, au point de vue scientifique, est appelé à rendre de grands services.

Conseils d'un horloger

Un horloger m'a dit : « Tu demandes que, sans interruption, ta montre marche durant 24 heures, 7 jours par semaine, 52 semaines par an, et cela encore pendant un nombre indéterminé d'années. Son service doit, en outre, être assuré d'une manière régulière, que le thermomètre indique 25 degrés au-



Au moyen du microscope à projection, l'opérateur vérifie la précision des pièces au millième de millimètre.



ZENITH

DES
PENDULETTES-RÉVEILS
ÉLÉGANTES ET PRÉCISES

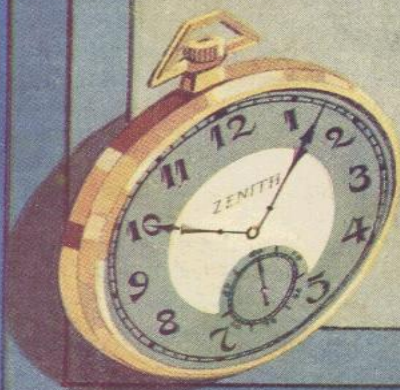
ZENITH

HORS CONCOURS

DÉTIENT LE RECORD
DE
PRÉCISION



*Les
Modèles
Joaillerie*



ZENITH

LA
MONTRE PARFAITE

Roger Soube

dessus ou au-dessous de zéro, que l'air soit saturé d'humidité ou sec, que tu te reposes ou que tu te promènes, que tu joues au tennis ou que tu fasses une partie de football. Et quels soins lui donnes-tu? Aucun!»

Nous en sommes tous là. Voici quelques conseils pour conserver une bonne montre en excellent état.

Il faut la remonter à fond toujours à la même heure, de préférence le matin en se levant. Pendant la nuit, ne pas suspendre sa montre dans le vide, pour éviter les oscillations au pendu : elle doit être adossée à un objet.

Les pivots et les tiges se brisent très facilement, il faut donc éviter les chocs et les chutes.

La montre doit être revisée et huilée tous les deux ans, sinon on obtient l'usure rapide des pivots qui tournent à sec ; il en résulte des frais de rhabillage considérables.

Il arrive fréquemment que le ressort d'une montre se casse ; comment éviter cet accident ? Lorsque la montre est neuve, la tension du ressort est grande : il est alors dangereux de poser sa montre sur un objet froid, sur le marbre d'une cheminée, par exemple, car le froid, contractant l'acier, provoque plus facilement la casse. Malheureusement, ni l'horloger ni le fabricant ne peuvent donner une garantie quant à la qualité du ressort.

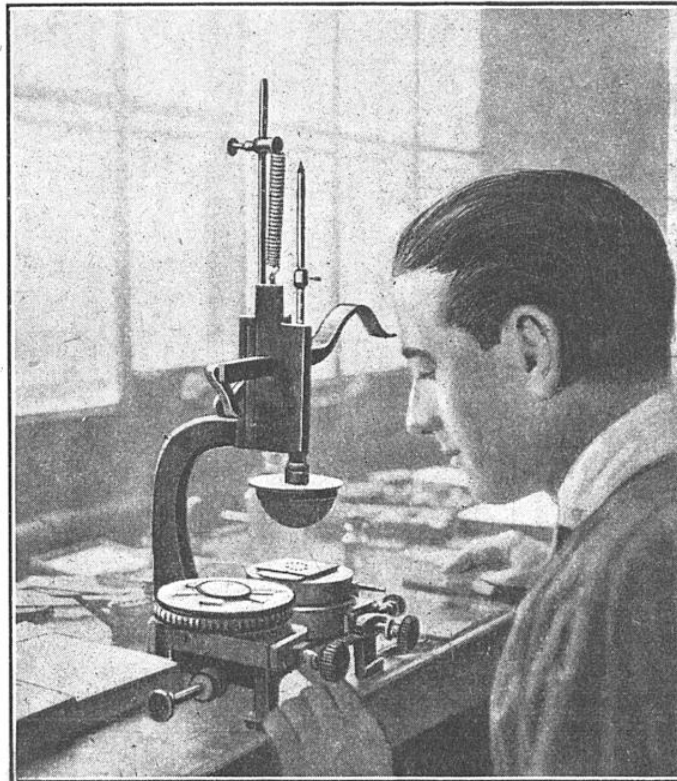
Pour une bonne montre de précision de poche, des écarts de 3 secondes par jour peuvent se présenter ; en général, ces différences sont maintenues dans des limites encore plus serrées.

Dans la montre pour homme, d'un usage

courant, on admet des variations de 1 à 2 minutes par jour, mais, pour les genres soignés, de 20 secondes seulement.

Pour les montres-bracelets, soumises à de grands changements de température et à de fortes secousses, des écarts plus grands sont inévitables.

Les montres-bracelets n'ont pas le même mouvement que les montres de poche : l'industrie horlogère a su accommoder la montre-bracelet aux conditions de son emploi, de sorte que l'on arrive à obtenir, dans cette fabrication, des résultats favorables surprenants. Il est donc nécessaire, dans cette catégorie, plus encore que dans celle de la montre d'homme, de tenir compte de la qualité. Ces montres sont, naturellement, d'un prix plus élevé, mais le peu de réparations qu'elles exigent et les satisfactions qu'elles donnent doivent les faire préférer.



APPAREIL A IMPRIMER LES HEURES SUR LES CADRANS DE MONTRES

Le porteur exerce une grande influence sur la marche de sa montre. Tel marche vite, un autre, lentement ; tel aura le pas lourd, un autre, le pas léger ; d'autres encore marchent posément, alors qu'il est des marches saccadées. Une montre peut donc posséder une bonne marche chez l'horloger et varier ensuite du fait de la marche de son possesseur.

La montre doit donc être toujours réglée d'après celui qui la porte.

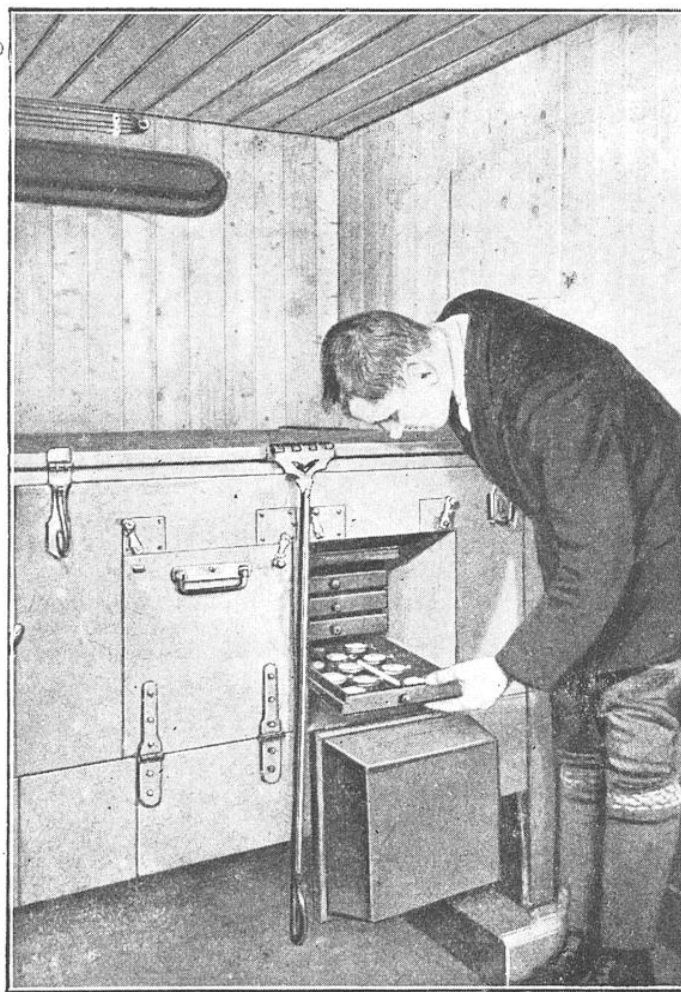
L'art et la mode en horlogerie

La montre de luxe représente une branche très importante de l'industrie horlogère. Ce sont des bijoux à mouvements très soignés, aux formes très spéciales, aux boîtiers riche-

ment décorés. Une promenade le long des vitrines des bijoutiers et joailliers de la rue de la Paix révèle bien l'importance de cette spécialisation. Si l'horlogerie française n'a pas le caractère industriel de l'horlogerie suisse, elle est, sans conteste, au premier rang au point de vue artistique.

Paris, centre intellectuel et artistique dans lequel tous les courants se croisent, est un vaste champ d'activité pour l'horlogerie. Nulle part ailleurs l'amateur ne trouvera autant d'idées nouvelles, de documentation, de ressources de toutes sortes et aussi de concurrence favorisant la production ininterrompue de chefs-d'œuvre.

Malheureusement, nous devons constater que l'amateur d'horlogerie, qui était légion au XVIII^e siècle, est devenu très rare en France. Ce sont les pays anglo-saxons qui constituent presque uniquement cette clientèle et enlèvent à l'industrie parisienne les



LA GLACIÈRE DE L'OBSERVATOIRE DE BESANÇON

Les chronomètres sont placés dans une glacière pour permettre de vérifier leur marche à la température de 0 degré.

loge même dans une grosse perle baroque suspendue à un fil.

L. FOURNIER.

Je tiens à remercier ici MM. Trincano, directeur de l'École d'horlogerie de Besançon, et Grossmann, ingénieur-horloger, professeur à la même école, pour le concours si éclairé qu'ils ont bien voulu m'apporter dans la documentation de cet article.

plus belles pièces de sa production.

La montre est le premier bijou que l'on offre et que l'homme se permet à lui-même. Bijou utile, et dont la beauté et souvent la qualité flattent les possesseurs. Le plus souvent, la montre de luxe se cache dans la richesse inouïe des bracelets, des pendentifs, des boîtes à fards, ou même des porte-allumettes. N'a-t-on pas mis à la mode les montres sur les boucles de souliers, sur les jarretières, sur les boules de parapluies et d'ombrelles? Comme les grandes dames du XVIII^e siècle, on porte des montres en bagues, en médaillons, on les



LES MATIÈRES PREMIÈRES DANS LE MONDE

LES MINÉRAIS DE ZINC ET LEUR EXPLOITATION

Par Pierre ARVERS

Poursuivant l'examen des matières premières dans le monde (1) — question de la plus haute importance au point de vue économique et industriel — nous étudions dans cet article l'exploitation du zinc, dont l'accroissement s'est manifesté au cours de ces dernières années d'une façon remarquable. La consommation mondiale de ce métal, si précieux par ses multiples applications (2), est, en effet, passée de 801.500 tonnes en 1922 à 1.037.900 tonnes en 1924.

Le zinc est assez répandu dans le monde. Les principaux gisements se trouvent en Australie, aux Etats-Unis, en Italie et en Espagne. Viennent ensuite l'Algérie, la Suède, la France, la Grèce, le Japon, l'Autriche, l'Indochine et la Tunisie.

La France n'intervient dans la production mondiale que pour 2 % environ ; les gisements sont situés dans le Gard, la Haute-Garonne, les Hautes-Pyrénées, l'Ariège, la Lozère et le Lot.

Les principaux pays producteurs de zinc métal sont les Etats-Unis, la Belgique, l'Allemagne et la Pologne ; puis, loin en arrière, la France et l'Angleterre. On voit que la production se trouve ainsi concentrée dans

quelques pays, alors que le minerai est assez largement dispersé dans le monde.

Plusieurs procédés sont employés pour extraire le métal du minerai

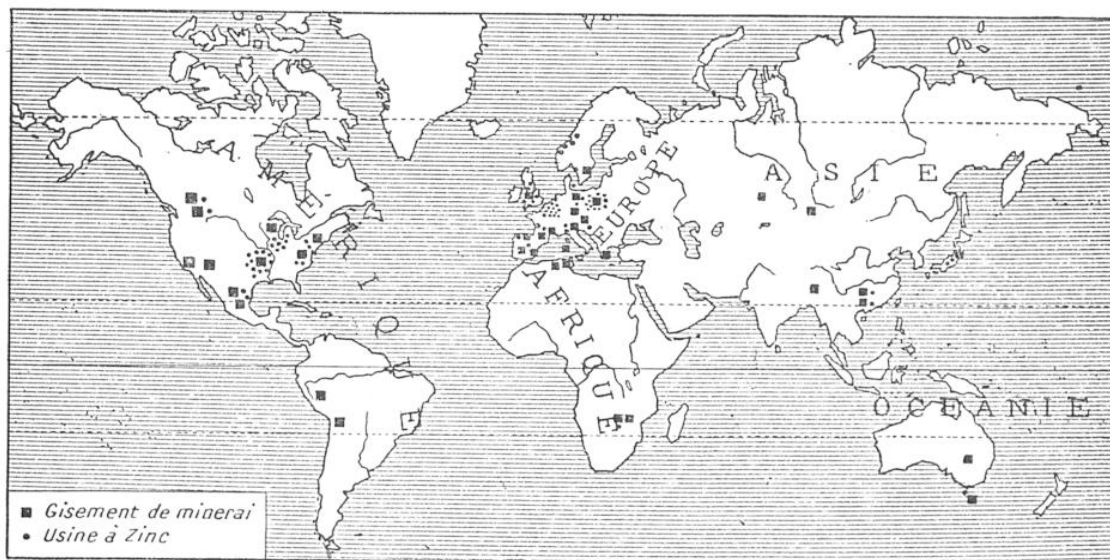
Le minerai se présente, en général, à l'état de combinaison : sulfures, désignés commercialement sous le nom de blendes, carbonates, silicates et tous minerais non sulfurés désignés sous le nom de calamines.

Le procédé d'extraction consiste :

1° A transformer le minerai en oxyde par le grillage, s'il s'agit de la blende, ou la calcination s'il s'agit de la calamine ;

2° A réduire chimiquement l'oxyde au moyen du charbon porté au rouge. Cette opération se fait dans des cornues. Les vapeurs de zinc qui s'en échappent viennent se condenser dans des récipients refroidis.

(1) Voir les nos 106 et 109 de *La Science et la Vie*.
(2) Voir notamment le n° 100 de *La Science et la Vie*.



CARTE DE LA RÉPARTITION DU ZINC DANS LE MONDE

PRODUCTION DU ZINC DANS LE MONDE (EN TONNES MÉTRIQUES)			
	1922	1923	1924
Allemagne	34.800	32.175	41.400
Pologne.....	84.710	96.136	92.176
Angleterre	18.624	31.782	39.098
Belgique.....	112.290	147.040	162.990
Espagne.....	6.269	10.922	12.300
France	39.716	49.334	55.599
Pays-Bas	12.997	16.444	18.190
Italie	2.632	3.683	5.974
Norvège	1.850	2.000	2.000
Suède	1.594	1.288	3.500
Tchécoslovaquie et Yougoslavie (1)...	9.000	10.000	10.000
États-Unis.....	399.001	481.906	486.119
Canada.....	25.204	27.238	24.896
Japon.....	12.371	14.000	14.000
Australie.....	23.895	41.813	47.360
Total général...	784.953	965.761	1.016.602

(1) Chiffres évalués approximativement.

Cette phase exige des quantités considérables de charbon — jusqu'à 4 et 5 tonnes de houille pour une tonne de zinc — et la perte des vapeurs du métal peut atteindre jusqu'à 20 % de la quantité renfermée dans le minerai.

En présence des difficultés et complications que comportent la construction et la conduite des fours chauffés au charbon, on a été naturellement porté à chercher l'adaptation de l'énergie électrique à la production du zinc ; cette méthode, qui donne, au point de vue technique, des résultats excellents, a été surtout mise en œuvre dans les pays où le courant électrique est obtenu à bas prix. Les États-Unis et l'Australie sont entrés les premiers dans cette voie et, dès maintenant, 15 % de la production mondiale du zinc sont obtenus par électrolyse.

Le zinc possède des propriétés particulières qui le rendent précieux dans un grand nombre d'applications industrielles

Les propriétés essentielles du zinc sont sa ductilité et sa pro-

priété de ne s'oxyder à l'air que superficiellement.

Bien avant la découverte du zinc métal, les laitonniers utilisaient ce qu'ils appelaient la « terre », qui n'était autre que la calamine ; cette calamine, mélangée au cuivre avec du charbon porté au rouge, donnait l'alliage appelé laiton. Ce procédé a été abandonné, mais seulement longtemps après la découverte du zinc métal. Aujourd'hui, le zinc est allié au cuivre dans des proportions variant de 33 à 40 % pour donner des laitons plus ou moins riches (1^{er} et 2^e titres). Le zinc extra pur, allié au cuivre pour former un laiton 1^{er} titre, est utilisé à la fabrication des cartouches.

La deuxième propriété importante du zinc est que ce métal, exposé à l'air, se recouvre, par oxydation, d'une mince pellicule de carbonate qui le rend inatta-

quable à l'air ; une application directe est la galvanisation, qui consiste à recouvrir de zinc les fers et les tôles exposés aux intempéries.

CONSOMMATION DU ZINC DANS LE MONDE (EN TONNES MÉTRIQUES)			
	1922	1923	1924
États-Unis.....	357.300	420.200	434.800
Autres pays d'Amé- rique (1).....	4.000	7.000	7.000
Grande-Bretagne ...	101.800	157.000	153.900
Allemagne	75.700	58.300	78.900
France	71.000	87.500	113.800
Belgique.....	68.600	86.400	90.300
Autriche	1.600	2.600	3.000
Tchécoslovaquie et Yougoslavie	17.100	18.900	20.000
Russie (1).....	2.000	2.000	3.000
Scandinavie.....	12.000	10.000	10.000
Italie	6.500	11.600	18.600
Espagne.....	6.300	8.400	7.100
Autres pays d'Europe	17.000	32.000	32.000
Japon.....	50.600	44.700	44.500
Autres pays d'Asie ..	3.500	4.500	5.000
Afrique	1.500	2.700	3.000
Australie.....	5.000	8.000	13.000
Consommation mon- diale	801.500	961.800	1.037.900

(1) Chiffres évalués approximativement.

Enfin, le zinc « fonte d'art », spécialement utilisé dans l'industrie parisienne, tente de rivaliser avec le bronze.

Comme tous les métaux malléables, le zinc se lamine, c'est-à-dire se transforme en feuilles par des passages ou « passes » successifs entre des cylindres d'acier. Ces feuilles de zinc servent pour recouvrir les toitures et ont une foule d'applications dans la construction (tuyaux, gouttières, faitages, bandes, chéneaux), dans la fabrication des ustensiles de ménage (seaux, arrosoirs, baignoires, cuves, caisses d'emballages pour farines ou matières grasses, etc.).

On utilise encore le zinc laminé pour le doublage des navires, la désincrustation des chaudières, le satinage des papiers, la zincographie, la fabrication des piles.

Perforé, le zinc sert à la confection des cribles et tamis ; estampé, on l'utilise dans les ornements divers. Enfin, le zinc en fils et en clous s'emploie à la place du fer partout où la rouille est nuisible.

La production et la consommation mondiales du zinc

En 1913, la production mondiale des fonderies de zinc s'élevait à 1.014.370 tonnes métriques. Depuis, et même pendant la période tourmentée de 1914 à 1921, elle n'a guère varié. Mais la répartition de cette production totale entre les divers pays s'est modifiée. En 1913, par exemple, la Belgique produisait 204.200 tonnes (un cinquième de la production dans le monde) ; l'Allemagne, 280.000 tonnes (environ le tiers de cette production) ; l'Amérique, 320.000 tonnes. Puis venaient, presque à égalité, la France et l'Angleterre, avec une production de 60 à 70.000 tonnes. Pendant la guerre, en 1917, la production mondiale était à peu près la même. Mais la part de la Belgique était tombée de 20 % à 1 % ; celle de la France, de 6,9 % à 2,4 % ; celle du Royaume-Uni, de 6,8 % à 5,2 % et celle de l'Allemagne, de 28,2 % à 19,2 %. Par contre, les Etats-Unis ont augmenté leur production de 31,8 % à 62,5 %. Ils ont, là encore, bénéficié considérablement de la situation créée par la guerre européenne.

L'année 1921 est une année de crise. La production mondiale du zinc fléchit de plus de la moitié par rapport à celle de 1913 (450.000 tonnes métriques, au lieu de 1.014.000). Cette diminution de production est particulièrement sensible aux Etats-Unis et en Angleterre ; en France, en Belgique et en Allemagne, les fonderies ont commencé à reprendre leur activité.

En 1923, la production du zinc est redevenue ce qu'elle était avant guerre.

Avant 1914, plus de la moitié des minerais importés en Europe venaient d'Australie ; les usines belges et allemandes assuraient la plus grosse partie de la transformation. Pendant la guerre, la situation s'est entièrement modifiée et les Alliés ont dû avoir recours aux Etats-Unis pour leurs besoins propres. Il en est résulté un accroissement formidable de la production américaine, production qui a continué à s'accroître depuis 1918 ; mais, détail pour le moins inattendu, la consommation aux Etats-Unis a grandi dans les mêmes proportions et, en 1924, sur une production de 486.000 tonnes environ, l'exportation atteignait à peine plus de 50.000 tonnes.

En 1925, la production mondiale du zinc a continué de progresser dans la proportion de 9 % environ

Les stocks de zinc ont été évalués, au 1^{er} juillet 1926, à 40.600 tonnes ; contre 38.700 au 1^{er} juillet 1925. Ils s'étaient abaissés à 26.150 au 1^{er} janvier 1926. Il semble que les derniers mois de l'année en cours doivent, comme les derniers mois de l'année précédente, amener un abaissement assez sensible des quantités de zinc stockées. La reprise de l'industrie du zinc est, en effet, manifeste en Allemagne, en Belgique, en France, et la réduction forcée subie par l'Angleterre dans sa consommation, par suite de la grève charbonnière, amènera inévitablement un courant de demande qui fera baisser les stocks existants.

Les prix du zinc sont sensiblement les mêmes actuellement qu'avant guerre. En 1913, la tonne anglaise valait 23 livres sterling ; si l'on tient compte du coefficient 1,5 représentant l'indice mondial de hausse sur les prix-or d'avant guerre, on arrive à $23 \times 1,5$, soit 34 £ 10, chiffre peu différent du cours actuel du zinc.

Le marché du zinc est à Londres, toutes les cotations se font en livres.

Il suffit de comparer les tableaux de production et consommation, que nous donnons à la page ci-contre, pour constater que la France doit importer annuellement environ 40.000 tonnes de zinc métal.

Notre pays se doit de chercher, là comme ailleurs, à se libérer de l'étranger pour ses besoins de zinc. Il le peut en favorisant les industries du zinc par l'établissement de droits douaniers protecteurs, qui permettront l'agrandissement des usines actuelles ou même l'installation de nouveaux fours et laminoirs.

P. ARVERS.

OU EN EST LA QUESTION DES CARBURANTS DE REMPLACEMENT ?

Par Jean LABADIÉ

S'il est un produit étranger dont l'importation est devenue singulièrement onéreuse, dans l'état présent des changes, c'est bien le pétrole. L'automobiliste de France est condamné à payer son essence en dollars, et tous ses confrères européens sont logés à la même enseigne. Le pétrole, malgré ses sources roumaines, russes et asiatiques, demeure véritablement un monopole de l'Amérique. Les Etats-Unis et le Mexique fournissent les neuf dixièmes du pétrole extrait de la surface totale du globe. Mais il y a plus : les Etats-Unis, malgré ce monopole, voient leur consommation intérieure croître plus vite que leur extraction, de sorte qu'aux motifs de cherté tirés du change il faut ajouter ceux d'un accroissement de consommation dans le pays même qui est chargé par la Nature de pourvoir le reste du monde. Autrement dit, non seulement il faut payer en dollars, mais encore plus cher, en dollars, que le consommateur américain, puisque, à égalité de la demande, nous devons payer, en plus, le transport. Cette situation de l'Europe vis-à-vis du combustible liquide est une des plus graves que notre vieille civilisation ait jamais connues. Aussi se préoccupe-t-on, dans les laboratoires industriels, de trouver des carburants dits de remplacement, pour s'affranchir un jour, dans la mesure du possible, de la tutelle exclusive du pétrole naturel. Sir Deterling, l'un des rois du pétrole, a dit, en effet, que la production du monde entier, en carburant de synthèse, atteindrait, sans doute, le chiffre de 600.000 tonnes en 1928. C'est encore peu si on compare ce chiffre aux 140 millions de tonnes d'huile minérale extraites du sol en 1925 ! Bergius, inventeur d'un des procédés d'obtention du pétrole artificiel, a dit lui-même que celui-ci ne peut ni ne veut devenir un concurrent du pétrole naturel, mais simplement son « auxiliaire ». Les réserves américaines de pétrole diminuent en effet de jour en jour, à tel point que l'Interstate Commerce Commission de Washington se préoccupe de remédier au gaspillage des ressources minérales des Etats-Unis. Nous sommes peut-être encore loin de la découverte technique industrialisée qui révolutionnera le monde par la fabrication à bas prix du pétrole artificiel. Mais, déjà, des carburants de remplacement s'annoncent, qu'il y a lieu de connaître pour entrevoir ce qui sera demain l'alimentation de nos moteurs.

Nécessité de rechercher un carburant de remplacement

LE combustible liquide, depuis sa forme grossière, qui est le mazout, résidu de distillation du pétrole brut, jusqu'à l'essence de tourisme, qui en est la forme aristocratique, devient de plus en plus indispensable à tout ce qui se meut sur terre, sur mer et dans les airs. Une locomotive, un paquebot mus au charbon sont, techniquement, très inférieurs aux mêmes engins alimentés au mazout. La supériorité du moteur à combustion interne sur toute autre machine, elle ne saurait, un instant, être mise en question, à tel point qu'on équipe maintenant de grands navires au moteur Diesel (on a construit des groupes marins de 6.000 C.V., et il existe, en mer, 200.000 C.V. Diesel en service, dont l'installation date de moins de quinze ans).

L'aviation, en train de prendre son essor

commercial, voit, elle aussi, son avenir suspendu à son ravitaillement en carburant.

Le problème vital qui se pose aux nations dépourvues de pétrole, apparaît donc très nettement : il faut, coûte que coûte, trouver un produit qui en tienne lieu.

Quel sera ce carburant de remplacement ? Dans quelles voies le cherche-t-on ? Que faut-il espérer ? Et quels sont les indices éventuels d'une découverte imminente ?

C'est à quoi je voudrais essayer de répondre aujourd'hui, en passant brièvement en revue les résultats industriels et ceux du laboratoire qui ont vu le jour, depuis la guerre, dans les pays intéressés, au premier rang desquels se trouvent la France et l'Allemagne.

Les hydrocarbures végétaux

Faut-il nous arrêter à la solution des carburants d'origine végétale ?

Ils sont de deux sortes : l'huile et l'alcool,

L'huile. — La culture des plantes oléagineuses pourrait fournir, surtout aux colonies, un stock considérable d'huiles diverses. Ces huiles, le professeur Mailhe, de la Faculté de Toulouse, a découvert le moyen de les transformer en un véritable pétrole de synthèse, au moyen d'une opération de catalyse de son invention. Personne ne conteste la certitude de l'opération du point de vue scientifique. Malheureusement, l'approvisionnement en cette matière première, l'huile végétale, est soumis à des conditions économiques franchement prohibitives. La main-d'œuvre est rare aux colonies : le nègre n'abonde pas. On se le dispute à coups de livres sterling. La culture des plantes oléagineuses en vue du carburant est une pure utopie, surtout si l'on fait entrer en compte les calories déjà dépensées pour l'extraction même de l'huile. Bien mieux, c'est l'opération inverse que tentent de réaliser certains chimistes allemands qui recherchent des huiles saponifiables (en attendant l'huile à salade) dans l'huile minérale !

L'alcool. — On est bien obligé d'appliquer une même fin de non-recevoir au carburant alcool.

En mobilisant les caves en temps de guerre, c'est-à-dire en privant la nation et, par conséquent, l'armée de tout son vin, on obtiendrait 12 millions d'hectolitres d'alcool, ce qui fournirait un nombre de calories suffisant pour assurer les services de guerre. Mais le charbon consommé dans cette distillation colossale se chiffrerait aussi par centaines de mille tonnes. Cette opération serait donc folle, non seulement du point de vue économique et... moral, mais encore du point de vue thermodynamique.

Quant à fonder des cultures métropolitaines ou coloniales spécialement en vue de la production d'alcool carburant, il n'y

faut pas songer, pour les mêmes raisons qui militent contre les huiles végétales.

Et, cependant, l'alcool est un excellent carburant, qui possède de précieuses qualités, notamment de résister mieux que l'essence au phénomène de la « détonation » dans les cylindres et de permettre en conséquence (du moins par des mélanges judicieux) d'atteindre à un meilleur rendement thermique du moteur, compensant la pauvreté relative du carburant en calories. L'alcool ne donne que 6.500 calories au kilogramme, alors que l'essence en fournit plus de 11.000.

La synthèse du carburant, à partir du végétal, offre donc ce curieux et décevant aspect d'être facile techniquement, irréalisable économiquement. Un philosophe montrerait probablement que c'est là une leçon d'énergie à l'adresse de l'humanité, dont l'industrie doit tendre, de plus en plus, à imiter la nature et à la dépasser

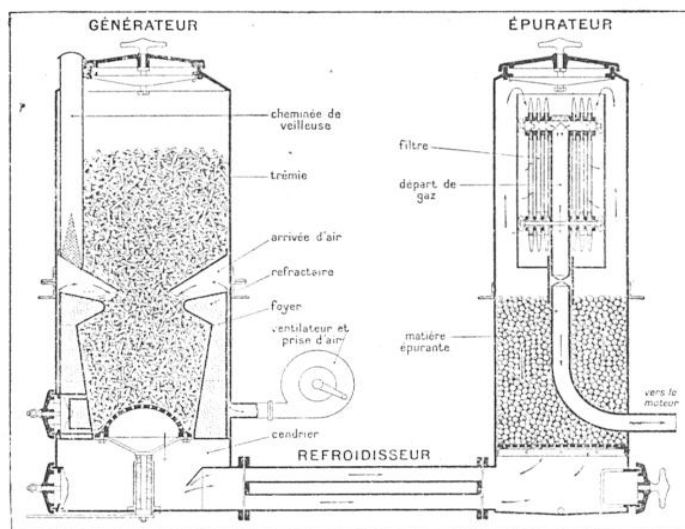
en puissance, non pas à se reposer sur elle.

L'ingéniosité de quelques inventeurs

Citons d'abord l'effort admirable de quelques inventeurs, qui ont réussi, dès maintenant, à nourrir normalement le moteur d'automobile avec des carburants assez divers.

Le rallye organisé par l'Automobile Club de France, en septembre 1926, dans le but d'éprouver justement ces carburants hétéroclites et intéressants, nous a montré comment on pouvait brûler du gaz-oil (huile lourde) dans un moteur à explosions, en injectant simplement quelques bulles d'acétylène dans le circuit de carburation.

Et puis, voici la *cosmoline*, carburant composé par moitié d'essence ou d'alcool et de *naphtaline*, ce sous-produit de la distillation de la houille qui s'emploie, actuellement, à des usages secondaires, tels que la fabrication du noir de fumée. L'absorption de la naphtaline par le moteur est due à



VUE EN COUPE DU GAZOGÈNE PANHARD

un *tiers-solvant* qui est l'invention de l'ingénieur M. de Cosmo. Ce carburant a fonctionné à merveille durant tout le rallye, *sans aucune fumée*.

Un autre tiers-solvant, le *kétol*, tiré de la sciure de bois, assure la *miscibilité* du carburant alcool-essence, mais là se borne son utile fonction.

Les gaz sont entrés, eux aussi, dans l'arène des concurrents.

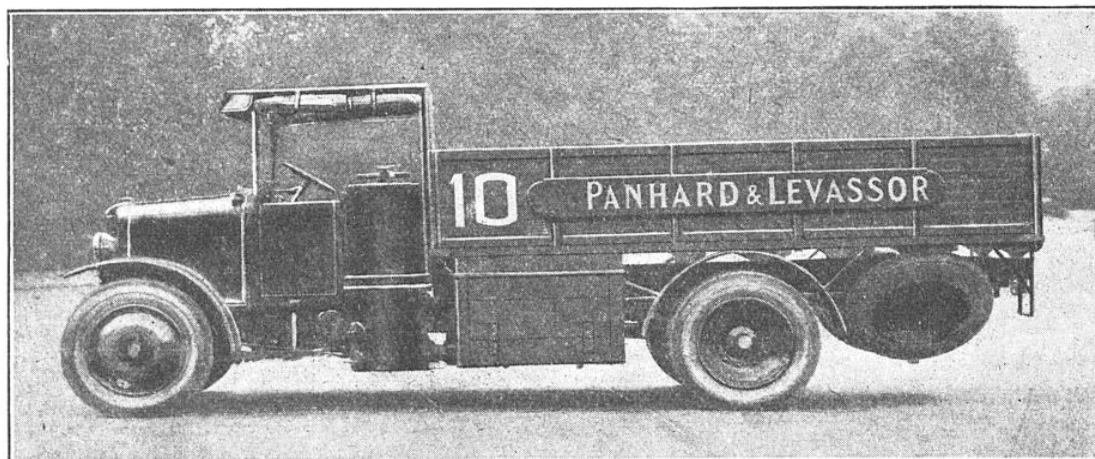
Le *méthane*, comprimé à 250 atmosphères en des bouteilles d'acier très légères grâce à leurs frettes en cordes à piano, a permis à une automobile ordinaire de suivre le rallye.

Deux inventeurs, MM. Chauveau et

en vase clos, en vue de l'alimentation des moteurs, est aujourd'hui pratiquement réalisée à bord des voitures, comme elle l'est depuis longtemps à l'usage des moteurs fixes.

Certaines maisons ont construit des gazogènes consommant du bois sec ; d'autres utilisent seulement le charbon de bois ; d'autres, le coke ; d'autres, enfin, des agglomérés spécialement préparés pour cet usage. Cette dernière solution diminue considérablement le volume de combustible qu'il faut emporter.

Tous ces appareils fournissent des résultats excellents sur plusieurs milliers de



CAMION AUTOMOBILE ÉQUIPÉ AVEC UN GAZOGÈNE PANHARD

Despiez, ont réussi à diriger efficacement vers le carburateur l'acétylène d'un générateur classique à eau et carbure de calcium. La voiture a fonctionné parfaitement avec une consommation de 6 kilogrammes de carbure par 100 kilomètres, grâce au carburateur-mélangeur fort ingénieux qui constitue le pivot de l'invention. Le carbure, qui peut être fabriqué avec les excédents d'électricité hydraulique, pourrait jouer, en somme, un rôle économique d'accumulateur de l'énergie électrique.

Les carburants solides : le bois, le charbon de bois, la carbonite

Nos lecteurs connaissent la question des gazogènes et les résultats pratiques indéniables réalisés dans cette voie par de nombreux constructeurs, à l'appel de l'Office National des Recherches et Inventions, sur l'initiative de M. Breton. Nous ne reviendrons sur le sujet que pour le résumer.

La gazéification de combustibles solides,

camions lourds ou tracteurs dès maintenant en service. Il est, en effet, merveilleux de voir un autobus fonctionner avec du bois sec, dont n'importe quel boulanger de village peut l'approvisionner au passage. Le rendement mécanique du moteur est à peine diminué, grâce à la précaution prise d'augmenter la compression ou, encore, de fournir au moteur un gaz préalablement comprimé. Un tel engin semble fait pour des randonnées sans limite, avec un carburant de fortune. Il peut traverser l'Afrique en cueillant simplement les branches mortes de la brousse.

C'est, en somme, à un carburant « colonial » que le bois nous fait penser. Colonial et aussi, comme dit l'éminent spécialiste M. Guiselin, « communal ». Il est certain que les services automobiles ruraux et agricoles peuvent et doivent utiliser le bois.

Le charbon de bois, dont notre pays produit 150.000 tonnes, mais pourrait produire 400.000 (équivalant à 180.000 tonnes d'essence) donne naturellement, comme

fournisseur de gaz pauvre, les mêmes résultats pratiques que le bois sec. Il possède l'avantage de pouvoir être pulvérisé et aggloméré.

Le coke serait peut-être le corps le plus difficile à utiliser dans les gazogènes à cause des poussières minérales qu'il apporte, si le dépoussiérage du gaz n'était pas très parfaitement réalisé. Or, le dépoussiérage, qui fut longtemps le grand obstacle de la traction automobile à gazogène, est actuellement tout à fait au point ; filtres à coton d'amiante, épurateurs centrifuges, protègent efficacement le moteur contre l'entrée des poussières venant du gazogène.

La « carbonite » (de MM. Hennebutte et Goutal) constitue une solution idéale, sous réserve de son prix de revient. Elle est fabriquée avec des charbons de bois qu'on agglomère en boulets au moyen de goudron de bois. Les boulets ainsi obtenus, de petit diamètre, offrent une grande surface et réalisent, à tout prendre, l'aliment idéal du gazogène d'automobile. Le pouvoir calorifique de la carbonite est de 8.150 calories et la densité 0,90.

Comme on voit, le carburant solide est maintenant implanté dans les cercles d'activité qui lui reviennent. Son usage ne peut manquer de s'étendre. Mais son emploi est spécifique et limité.

La houille est la source la plus immédiate de carburant

L'adjuvant des gazogènes étant limité, il faut maintenant arriver au problème central de cette question qui est le traitement de la houille.

Loin de chercher à *gazéifier* la houille, on se propose de la *liquéfier*.

Deux méthodes générales sont en présence : l'une recherche le traitement direct qui permettra de passer du charbon au pétrole par hydrogénation ; l'autre méthode, indirecte, moins ambitieuse, mais beaucoup plus avancée dans ses résultats, consistera d'abord à « carboniser » la houille, c'est-à-dire à la distiller rationnellement en ses éléments,

dont l'un, le goudron, est liquide et si proche parent du pétrole qu'un rien suffirait peut-être à le changer en carburant.

La transformation directe de la houille en pétrole n'est pas une découverte moderne. Elle date de 1870 (Marcelin Berthelot).

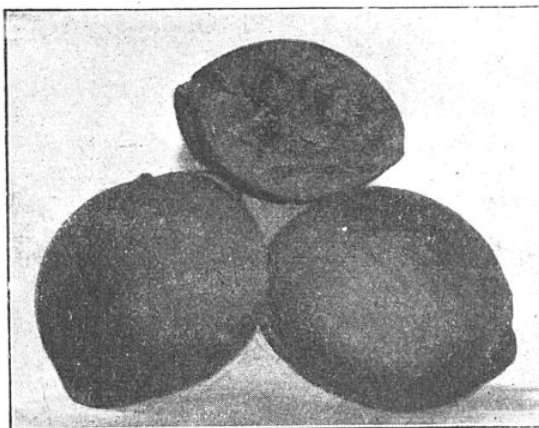
Rappelons le procédé Berthelot. Si on chauffe en vase clos, dans une ampoule scellée, par exemple, pendant un temps assez long (vingt-quatre heures) et à une température assez élevée (280°), une quantité de houille mélangée à cent fois son poids d'acide iodhydrique, l'acide se décompose et son hydrogène se fixe en partie sur ce corps, extrêmement complexe, qu'est la houille.

En brisant l'ampoule, Berthelot trouvait des hydrocarbures liquides, dont le poids était légèrement supérieur à la *moitié* du poids de houille traité, ensuite un goudron fort épais représentant un peu plus du *tiers* de ce même poids. A l'analyse, les hydrocarbures liquides furent reconnus par Marcelin Berthelot identiques à des « huiles de pétrole ».

Cette belle expérience de laboratoire

ne pouvait avoir un lendemain industriel. L'acide iodhydrique n'est pas un corps précisément bon marché. La réaction est lente. Le bilan thermique de l'opération est très onéreux. Mais l'expérience de Berthelot posait nettement le problème industriel. Il était possible de liquéfier la houille en pétrole, de même qu'il était possible de faire de l'ammoniaque et de l'acide nitrique avec l'azote atmosphérique. Or, quand l'Allemagne a dû, par les nécessités de la guerre, fabriquer ses produits nitrés par cette méthode de synthèse, elle y est parvenue, comme elle était parvenue à fabriquer, à petite échelle, il est vrai, du caoutchouc synthétique. Pareillement, la transformation de la houille en pétrole se fera industriellement.

La réaction de Berthelot s'effectuait à une pression voisine de 100 atmosphères. Elle ne faisait point intervenir les « catalyseurs ». Le grand chimiste dont le nom demeure, désormais, attaché à ce mot à la fois puissant et ténébreux de *catalyse*, le grand chimiste



BOULETS DE CARBONITE (GRANDEUR NATUR.)

Sabatier constata que l'hydrogénation, sinon de la houille, du moins de certains de ses hydrocarbures, pouvait s'effectuer à la pression atmosphérique, pourvu que l'on fit agir l'hydrogène en présence de métaux finement pulvérisés, tels que le fer, le nickel, le cuivre, le cobalt. Ces métaux agissant par leur seule présence constituent, comme on sait, des *catalyseurs*.

Mais les expériences de Sabatier montraient que cette hydrogénation n'aboutit pas toujours aux « huiles de pétrole » rencontrées par Berthelot. Un obstacle, la pression, était vaincu par la catalyse, mais d'autres difficultés apparaissaient.

Les procédés allemands : Bergius et Fischer

Nous n'entreprendrons pas l'historique des travaux qui suivirent ceux de Sabatier. Passons de suite aux plus retentissants d'entre eux, ceux du chimiste allemand Bergius, dont la presse ne cesse de parler depuis quatre ou cinq ans.

Le procédé Bergius est étudié sur le mode industriel, aux usines de Rheinau, près de Mannheim. Il consiste dans une hydrogénation du charbon au moyen d'hydrogène à haute température (450°) sous une pression élevée (200 atmosphères). Il n'est pas question de catalyse.

L'appareil, d'après les renseignements qui ont été livrés, se compose essentiellement d'une chambre métallique à double paroi, dans laquelle on injecte du charbon pulvérisé émulsionné dans de l'huile minérale. La pression, à l'intérieur de cette chambre, est fournie par un compresseur apportant l'hydrogène. La température est fournie par

un courant gazeux (azote) chaud circulant dans l'enveloppe à double paroi. Un agitateur brasse le mélange intérieur durant l'opération. Les vapeurs hydrocarbonées qui en résultent sont recueillies dans un condenseur, duquel sort, enfin, l'hydrocarbure liquide définitif. Celui-ci ressemble à du pétrole brut.

Deux mille essais, effectués avec diverses sortes de charbons, auraient conduit à cette conclusion que les charbons « jeunes » (c'est-à-dire les lignites) fournissent davantage d'huile que les charbons de première qualité, soit, en poids, presque 50 %.

Les premiers appareils Bergius traitaient 80 tonnes par jour. Depuis 1926, les usines de Rheinau ont mis en marche un appareil capable de traiter, par vingt-quatre heures, une tonne de charbon. Ce charbon est présenté à l'appareil mélangé, comme nous l'avons dit, à 40 % de goudron. Le bilan définitif de l'opération serait, pour une tonne de charbon :

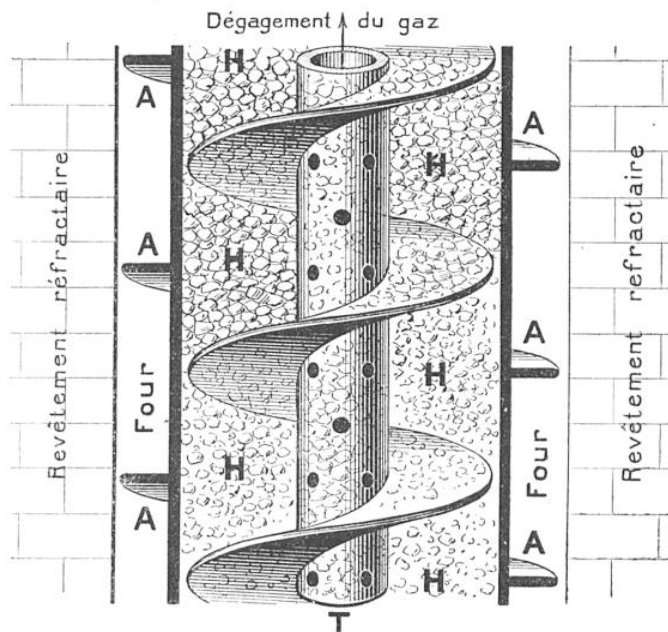
445 kilogrammes d'huile, 210 kilogrammes de gaz, 5 kilogrammes d'ammoniac, 350 kilogrammes de charbon résiduel.

Le charbon résiduel, chauffé de nouveau, donnerait un supplément de 80 kilogrammes d'huile, 245 kilogrammes de coke et 25 kilogrammes de gaz.

L'huile obtenue par le procédé Bergius est enfin raffinée, tout comme un pétrole brut.

Sur certains détails de la fabrication, il existe des contradictions importantes dans les informations reçues.

Certains techniciens nous disent que l'hydrogène utilisé par Bergius doit être



UN PROCÉDÉ AMÉRICAIN UTILISÉ SUR UNE GRANDE ÉCHELLE, A DENVER (COLORADO), POUR LA DISTILLATION DE LA HOUILLE A BASSE TEMPÉRATURE

A, ailettes hélicoïdales entourant la cornue verticale pour faciliter l'échauffement régulier par guidage des gaz chauffants ; T, axe central formant tube de dégagement des gaz ; H, houille. Le mouvement de rotation fait descendre lentement la houille, qui distille au contact des parois.

rigoureusement pur. Mais d'autres (notamment la revue anglaise *Engineering*, 22 novembre 1925) nous affirment que, bien au contraire, le procédé Bergius, ne travaillant pas par catalyse, peut utiliser de l'hydrogène impur, tel celui que fournissent les fours à coke. Ce détail est d'une importance extrême, car l'hydrogène pur est extrêmement coûteux et d'un prix industriellement prohibitif.

L'installation de Rheinau, qui traiterait actuellement 5 tonnes par jour, serait un modèle de régularité, au dire des visiteurs. Mais ceux-ci sont rares, et remarquons tout de suite que le mystère enveloppe d'ordinaire ces ateliers où se préparent les hydrocarbures de l'avenir, que ces ateliers portent une enseigne française ou étrangère.

Par contre, un concurrent allemand de Bergius, l'ingénieur chimiste Frantz Fischer, ne fait aucun mystère des résultats qu'il a obtenus au *Kaiser Wilhem Institut*. Critiquant, expériences à l'appui, le procédé Bergius, Fischer montre que ce procédé contient, dans ses brevets, des contradictions et même des impossibilités théoriques, que, seul, un essor industriel pourra permettre de négliger.

A leur tour, les expériences de Fischer comporteraient des contradictions théoriques avec celles, classiques, de Berthelot. Finalement, la conclusion qui s'impose est évidente. Ainsi que l'a dit un éminent spécialiste français, M. Audibert, dont nous examinerons tout à l'heure les travaux au laboratoire de Villers-Saint-Paul, « la question de l'hydrogenation des combustibles solides demeure tout à fait obscure à l'heure actuelle ».

Les procédés français : Prodhomme et Makhonine

Les espoirs industriels touchant la transmutation directe du charbon en pétrole n'étant pas encore mûrs, on peut, toutefois, se demander si la houille ne peut, par voie indirecte, nous donner des carburants équivalents à l'essence.

La réponse à donner ne semble pas douteuse. Oui, la houille, convenablement dis-

tillée, peut et doit fournir des carburants. Elle en fournit déjà.

La houille, on l'a démontré de mille façons, est une matière de grande valeur plus encore qu'un combustible. La brûler purement et simplement dans un foyer est un procédé barbare. L'utilisation rationnelle de la houille exige, au contraire, un traitement méticuleux qui séparera le coke, le gaz et les goudrons dont elle est formée.

Ce n'est que depuis une dizaine d'années que l'on se préoccupe de rechercher la meilleure manière de distiller la houille. On a d'abord songé à une gazéification totale, dont le système a été exposé par *La Science et la Vie* (numéro de décembre 1925). Dans ce procédé, les hydrocarbures liquides de la

houille sont à peu près sacrifiés. Si, au contraire, on traite la houille à basse température, d'abord le traitement coûte moins cher, ensuite l'on récupère davantage d'huiles. Le poids des huiles obtenues dépasse le 10 % du poids total.

Ces huiles ne sont pas des carburants équivalents de l'essence. Certains moteurs Diesel peuvent

les consommer, non le moteur de l'automobile. Pour atteindre au carburant de remplacement proprement dit, il faudrait donc rendre l'huile de houille propre à l'alimentation du moteur à explosion.

Deux inventeurs affirment avoir atteint ce résultat.

L'un d'eux est M. Prodhomme, dont les procédés sont étudiés à l'échelle industrielle par la maison Houdry. Les rares informations données sur cette fabrication permettent de dire que l'on y traite le goudron de houille « à l'état naissant », c'est-à-dire pris à l'état de vapeur, au cours de la distillation.

Au lieu d'être condensées, les vapeurs sont dirigées sur un « catalyseur », qui est la clef de l'invention. Au sortir du catalyseur, les vapeurs de goudron se sont partiellement muées en un équivalent du pétrole. Attendons les rendements d'une telle fabrication pour savoir ce qu'en peut attendre la pratique industrielle.

Le second inventeur est M. Ivan Makhonine, qui n'est pas inconnu des lecteurs de *La Science et la Vie*. Son procédé, expé-



LE CHASSEUR C-62 ALIMENTÉ PAR LE CARBURANT MAKHONINE A L'ESSAI

menté d'abord par les services de l'Artillerie, vient d'être repris par le ministère de la Marine. Des expériences, rigoureusement contrôlées par les officiers techniciens de ce ministère, ont vérifié les faits suivants : 1° des huiles de houille titrant de 950 à 1.100 de densité ont été transformées, sans déchet sensible, en un carburant capable d'alimenter les moteurs à explosion ; 2° ce carburant demeure *inflammable* à la pression atmosphérique. Il permet d'atteindre, dans le moteur, à des *compressions* incomparablement plus élevées que celles tolérées par l'essence ou même par le benzol. Un tel carburant semble donc indiqué pour l'aviation.

Le procédé de fabrication de ce carburant n'est pas encore révélé. Toutefois, ce qui est rendu public, ce sont les essais effectués sur toutes sortes d'engins. Commencés en février 1926, ces essais ont été suivis par les officiers du Service des Recherches scientifiques de l'État-major général de la Marine. Ils ont eu lieu à Cherbourg, sous la direction d'une commission d'officiers et d'ingénieurs présidée par un capitaine de frégate. Ils ont porté d'abord sur un de ces bâtiments dits « chasseurs de sous-marins », dont la machinerie comprend trois moteurs de 250 C. V. En août 1926, le « chasseur » n° 62 a donné de tels résultats, au cours d'essais de six heures, que le carburant en question demeure son combustible actuel. La consommation s'est révélée moindre qu'avec l'essence.

La carburation du nouveau produit exige des dispositifs de réchauffage soit du liquide (avant le carburateur), soit des gaz (après le carburateur). Cette complication n'est que d'une importance secondaire.

Enfin, au mois de juillet dernier, le carburant Makhonine était utilisé pour la première fois, en rade de Cherbourg, à bord d'un hydravion (moteur Hispano-Suiza 150 C. V.).

Quel que soit le mystère — j'ai averti que le mystère entoure toute apparition d'un carburant nouveau, qu'il ait nom Bergius, Prodhomme ou Makhonine — qui entoure la fabrication de ce dernier carburant, on aurait mauvaise grâce à le passer sous silence, alors que l'inventeur en a déjà fourni plusieurs centaines de tonnes aux services maritimes de la Défense nationale et s'est engagé à continuer cette fourniture par des marchés importants.

Les perspectives ouvertes par cet inventeur nous ramènent au problème général de la carbonisation de la houille à basse température, si souvent prêchée par les techniciens les plus avertis.

Dans un rapport récent à l'Institut anglais

des Ingénieurs des mines, un spécialiste connu, M. David Brownie, écrivait que toute *usine centrale électrique* devait, désormais, se doubler d'une *usine de carbonisation de la houille*. Le gaz et le coke produits iraient alimenter, *sans fumée*, les grandes chaudières mouvant les turbo-alternateurs, cependant que les hydrocarbures liquides seraient recueillis en barils. M. Brownie calculait que 9.600.000 tonnes de houille, traitées selon les procédés de carbonisation à basse température, permettraient de produire autant d'électricité que les 8.000.000 de tonnes actuellement consommées par les usines électriques anglaises, tout en donnant, chaque année, 900.000 hectolitres de benzol, 53.000 tonnes de sulfate d'ammoniaque et 5.400.000 hectolitres de goudron.

Si ce goudron peut, à son tour, aller rejoindre, pour le même usage, le benzol, qui ne voit, en faisant les calculs similaires pour la France, que la houille peut, d'ores et déjà, satisfaire à tous nos besoins en carburant.

L'alcool et le pétrole synthétiques

En somme, la constitution chimique de la houille est encore trop mystérieuse pour espérer voir aboutir bientôt des traitements analogues à ceux du chimiste allemand Bergius.

Si l'on excepte l'extraction des huiles par distillation et l'adaptation de ces huiles à la fonction de carburants, la chimie est encore assez loin de réaliser industriellement ce beau rêve : transformer la houille solide en hydrocarbures liquides.

Et cependant, au laboratoire, on réalise, d'ores et déjà, des synthèses de l'essence et de l'alcool à partir des gaz carbonés.

Faire de l'essence ou, plus exactement, du benzène à partir de l'acétylène (C^2H^2) ou à partir du méthane (CH^4), n'est qu'un jeu pour le chimiste. L'un ou l'autre de ces gaz se condensent en benzène (C^6H^6) dans certaines conditions de température et de pression, ou encore sous l'influence de l'arc électrique. Mais, ainsi que le montre une discussion approfondie des réactions, la balance des calories employées pour l'opération et celles retrouvées dans le corps fabriqué est nettement défavorable.

M. Etienne Audibert a calculé que, pour une telle fabrication de l'essence synthétique à partir des hydrocarbures gazeux, il faudrait dépenser, sous forme de kilowatts, « l'équivalent de 4.630 calories pour produire 9.960 calories liquides ». « Pour récupérer l'énergie mécanique mise en œuvre,

continue l'éminent chimiste, il faudrait, par conséquent, dépasser, dans la conversion des calories en travail, le rendement de 46 %. Or, *il n'existe aucun moteur qui satisfasse à cette condition.* »

Depuis qu'il a écrit ces lignes, M. Audibert, qui dirige le laboratoire national des pétroles, à Villers-Saint-Paul, a obtenu par *catalyse* du pétrole synthétique.

Son succès renouvelle donc ceux de Sabatier. Il constitue un progrès dans la voie probable de l'avenir, mais ni l'inventeur du nouveau « catalyseur » — pivot de la nouvelle synthèse — ni le conseil d'administration du laboratoire n'ont donné l'autorisation de parler d'une réussite industrielle prochaine. Il s'agit, ici encore et toujours, de travaux de laboratoire.

Il reste une autre ressource : transformer le charbon en oxyde de carbone (CO) par oxydation incomplète. Ensuite obliger l'oxyde de carbone ainsi obtenu à se combiner avec de l'hydrogène. Une de ces mille combinaisons possibles serait la suivante : un volume d'oxyde de carbone et deux volumes d'hydrogène forment de l'*alcool méthylique*. Elle est fort bien réalisée au laboratoire et même, paraît-il, à l'usine.

L'*alcool méthylique* est le nom savant du vulgaire « alcool de bois ». C'est un carburant bien moins riche en puissance que l'essence, mais dont l'utilisation dans les moteurs est pleine d'avantages. Le rendement d'un moteur est amélioré quand on l'alimente à l'alcool. Un tel carburant serait le bienvenu.

Faut-il croire à sa prochaine naissance industrielle ?

Les usines allemandes de la *Badische Anilin* ont fabriqué, pendant la guerre, de l'alcool méthylique de synthèse, destiné au service des poudres de l'armée allemande. Cette destination éliminait, de toute évidence, la considération du prix de revient. Depuis la guerre, cette fabrication, trop onéreuse, a cessé. Mais tous les chimistes spécialistes ont l'espoir de la reprendre.

Le chimiste allemand Frantz Fischer a poursuivi l'étude méthodique de la synthèse méthylique au Kaiser Wilhem Institut.

L'ingénieur des poudres français M. Patart a abouti, de son côté, à des formules de fabrication qui donnent les plus grands espoirs. Et l'Office National des Combustibles liquides, après avoir critiqué par des expériences méthodiques, effectuées dans son laboratoire de Villers-Saint-Paul, tous les carburants de synthèse connus, vient de conclure que les plus solides espoirs étaient contenus dans la formule de l'alcool méthy-

lique de synthèse. A quoi tient la réalisation ou la non-réalisation de ces « espoirs » ? A un seul mot, toujours le même, mot magique : *catalyse* !

La réaction de synthèse de l'alcool méthylique, à partir de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, s'effectue, comme tant d'autres, en présence d'un corps catalyseur. Or, il y a de bons catalyseurs et des médiocres. Le problème est de trouver le catalyseur qui donnera la réaction *économique*.

Et cette recherche ne comporte pour ainsi dire, à l'heure présente, aucune méthode rationnelle. On cherche au hasard.

La catalyse demeure, en effet, le plus mystérieux des phénomènes. Comment expliquer que la seule *présence* d'un métal finement pulvérisé, tel que le nickel, ait pour effet de déterminer la combinaison de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène dans certaines conditions de pression et de température ? Pourquoi, avec *un autre* métal catalyseur, la réaction sera plus facile, ou plus rapide, ou plus riche ?

Ce n'est pas le lieu d'exposer ici les théories multiples de la catalyse. Disons seulement qu'au laboratoire de Villers-Saint-Paul on recherche, sans désespérer, le catalyseur optimum, tant pour la synthèse de l'alcool méthylique que pour celle du pétrole, et que M. Audibert, directeur de ce laboratoire, suivant ses idées personnelles sur la catalyse, pense pouvoir perfectionner notablement les résultats déjà acquis par lui.

Que conclure à l'aurore de 1927 ?

En résumé, pour reprendre les paroles de M. Guiselin, ingénieur chimiste, nous nous trouvons devant la question des carburants exactement dans la même situation qu'en 1907 devant le problème de l'aviation.

En 1907, quand Henri Farman venait de doubler son premier kilomètre sans toucher terre, et quand Wilbur Wright avait fait le tour du camp d'Auvours, tout le monde (sauf bien entendu quelques pontifes) a cru qu'on allait voler ; les esprits les plus audacieux (et les plus sages) pensaient déjà aux longues traversées, et ils ont eu raison.

En présence des premières synthèses de carburants, en présence des résultats déjà acquis par les gazogènes et de ceux qu'annonce le ministère de la Marine au sujet des produits de distillation de la houille, nous avons également le droit d'envisager, pour un avenir plus ou moins éloigné, une concurrence possible faite à l'essence par les carburants de remplacement.

JEAN LABADIÉ.

OU EN SOMMES-NOUS EN T. S. F. APRÈS LE TROISIÈME SALON DE PARIS ?

Par Joseph ROUSSEL

Le troisième Salon de la T. S. F. de Paris fera époque. S'il n'a pas été complet — notamment au point de vue de la télégraphie sans fil — il a néanmoins mis en valeur un effort collectif considérable de la part des constructeurs. Nous avons donc jugé qu'il était opportun, à cette occasion, de dégager ici les tendances actuelles dans la construction des postes récepteurs de radiophonie et d'indiquer les progrès réalisés pendant l'année 1926 pour satisfaire de mieux en mieux un amateur de plus en plus exigeant. Où en sommes-nous donc en T. S. F. après ce troisième Salon ? Telle est la question à laquelle M. J. Roussel va répondre dans cet article d'ensemble, qu'il a fait suivre, fort judicieusement, d'une revue éclectique des principaux stands de cette exposition nationale.

CETTE grande manifestation de notre industrie nationale fut, en réalité, tout à la gloire de la radiophonie, fée et reine incontestée des temps modernes ; aussi n'est-ce pas sans une certaine pointe de mélancolie que nous constatons des carences regrettables, dont le résultat est de ne pas mettre en valeur, comme elles le méritent, nos inventions françaises, qui, trop souvent, nous reviennent ensuite, démarquées, soit d'outre-Rhin, soit d'Amérique.

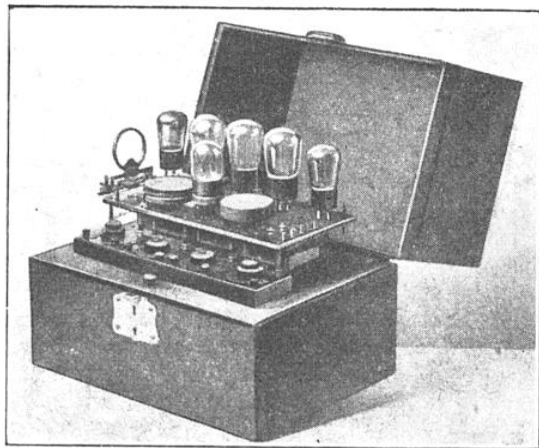
Nous aurions aimé voir, dans ce Salon, que tant d'étrangers ont fréquenté largement, la télégraphie sans fil occuper la place importante que méritent nos techniciens ; nous aurions aimé trouver un stand de nos inventeurs, qui aurait pu, après qualification raisonnable, leur être offert à tarif réduit ; notre esprit national aurait désiré une exposition rétrospective, histoire

illustrée des efforts de notre race féconde, et que la télé mécanique, la télévision, ces sciences en plein « devenir », que l'étranger met en première place, aient « leur salon ».

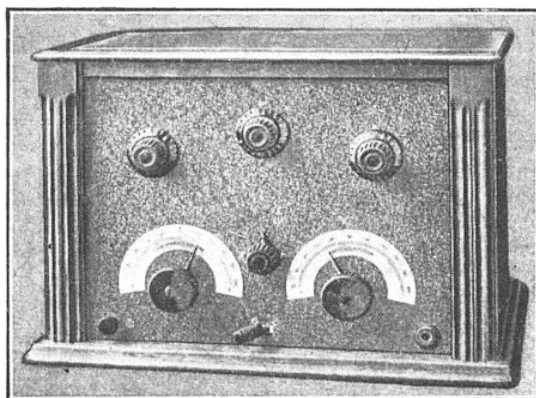
Les appareils de mesure étaient également peu nombreux. Très peu de récepteurs à cristaux également, et, cependant, bien des amateurs leur sont encore fidèles, d'une part, et, d'autre part, il faut songer que l'accroissement de puissance prévu pour certains postes va bientôt les remettre en honneur.

Les tendances qui se sont manifestées au cours de cette exposition ont été inspirées par les désirs des amateurs, auxquels les patientes recherches des techniciens ont tenté de donner satisfaction.

On a employé le terme de postes « automatiques », contre lequel nous sommes forcés de nous élever, car l'automatisme, en matière de radiophonie, n'est qu'un leurre. Quant à la commande dite « unique », elle



LE BIGRILLE MODULADYNE D'HORACE HURM

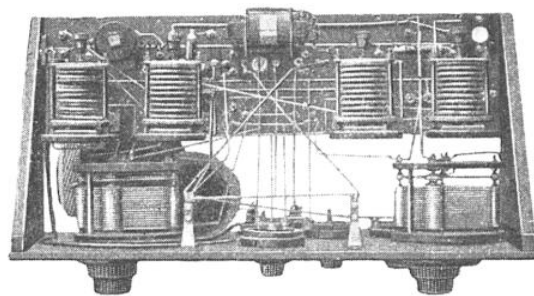


LE RADIOMODULATEUR BIGRILLE DUCRETET

ne joue, en réalité, que sur l'accord principal, soit que l'on considère comme tel celui du circuit primaire, soit celui du circuit de résonance ; en pratique, cette commande unique est complétée par des réglages de « mise au point », sans lesquels aucun poste ne saurait atteindre le maximum de rendement.

Si nous examinons l'évolution de la technique des récepteurs, nous voyons se préciser des tendances très nettes. A côté des nombreux postes classiques à résonance, bien étudiés, qui offrent aux amateurs une gamme progressive de puissance, trois courants se sont établis.

Tout d'abord, les récepteurs à changement de fréquence sont en grande faveur, soit qu'ils utilisent, suivant les marques, des monogrilles ou des bigrilles : superhétérodynes et radiomodulateurs ; d'autre côté, nous trouvons les récepteurs à plusieurs



LE SUPERHÉTÉRODYNE GODY

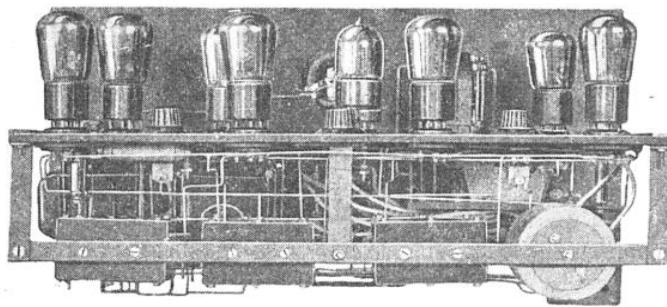
demande un nombre assez élevé de valves, dont la consommation de courant devient importante ; aussi de nombreux chercheurs ont-ils orienté leurs études vers la réalisation de sources d'alimentation ayant les seconds pour origine.

La technique des haut-parleurs, peu modifiée dans l'ensemble, s'est infiniment perfectionnée vers le souci de bons moteurs, très étudiés, appliqués soit à des « conducteurs d'ondes sonores », soit à d'amples membranes type diffuseur.

Nous remarquerons, avec joie, qu'un effort considérable a porté sur la réalisation des pièces détachées ; des pièces infiniment ingénieuses ont été réalisées ; aux qualités techniques très poussées se marie le « fini », agréable à l'œil, qui permet d'obtenir, dans les ensembles bien groupés, l'harmonie, plaisir des yeux.

L'effort prodigieux réalisé a ému les ministères intéressés ; grâce à eux, en particulier de celui de M. le Ministre du Commerce, l'union, vainement tentée jusque-là, est en voie de très prochaine réalisation.

Les accords nécessaires sont en pleine conclusion, et bientôt, dans un délai très prochain, va naître le superposte de radio-diffusion nationale qu'il faut à la France ; grâce à lui, nos meilleures productions artistiques, littéraires, scientifiques, vont bientôt



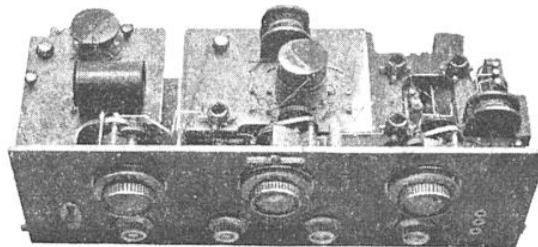
LE SUPERPHAL BIGRILLE 8 LAMPES

résonances en étages, résonances dont les circuits sont, d'une part, accordés par un jeu de condensateurs à commande unique et dont les capacités nuisibles sont, d'autre part, neutralisées par une des méthodes de « neutrodynage » décrites dans cette revue.

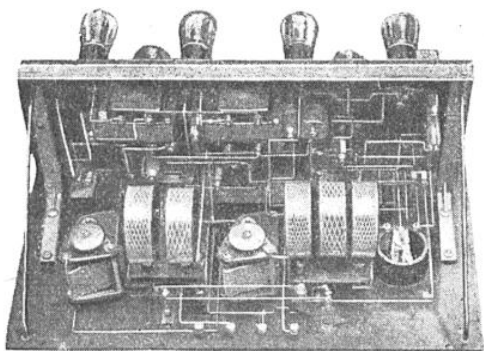
Enfin, des montages spéciaux, encore timides, mais dont l'avenir est certain, s'appliquent à l'utilisation intégrale des lampes bigrilles, très en faveur par suite de la diminution de la tension-plaque à utiliser.

Techniquement parlant, nous estimons que les progrès à venir se porteront sur l'application simultanée de ces trois méthodes combinées avec l'emploi des réflexes, dont nous avons vu également quelques exemplaires, ce qui permettra d'atteindre le but de concilier le minimum de réglages avec le minimum de lampes, tout en assurant aux postes de l'avenir une sélectivité poussée, jointe à la sensibilité qu'exige l'emploi de cadres restreints comme collecteurs d'ondes.

La formule des changeurs de fréquence



INTÉRIEUR DU POSTE RADIOMUSE



HYPERHÉTÉRODYNE LEMOUZY

couvrir l'Europe entière, qui aime, comprend et ne demande qu'à recevoir l'expression de notre génie national.

Pour compléter ces vues générales, nous allons, pour nos lecteurs qui n'ont pu le faire, nous promener maintenant parmi la foule, afin de faire mieux connaître et apprécier les efforts réalisés.

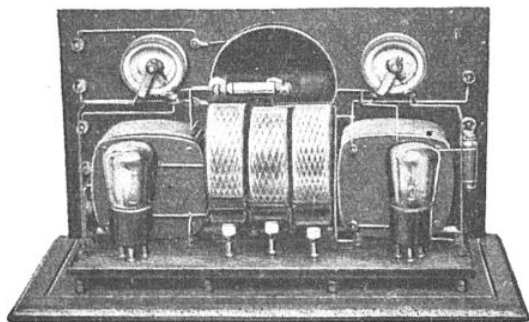
Les postes récepteurs du Salon

Ce troisième Salon a consacré le triomphe des récepteurs à « changement de fréquence », dont on retrouve, sous des formes variées, des modèles dans de nombreux stands.

Les Établissements Radio L.-L., dont le directeur, M. Lucien Lévy, est l'inventeur de cette méthode, nous présentent des modèles très nouveaux, modifications perfectionnées des superhétérodynes type A. Les techniciens ont ajouté des dispositifs mécaniques très étudiés, qui réduisent les réglages au minimum. Sous sa forme nouvelle, le « Synchrodyne » (1), le récepteur de T. S. F. est devenu un meuble élégant, aux lignes sobres.

Chez Radio L.-L., également, les amateurs qui désirent construire eux-mêmes leur superhétérodyne trouveront une trousse de

(1) Voir le n° 114 de *La Science et la Vie*.



L'ULTRA-MODULATEUR LEMOUZY

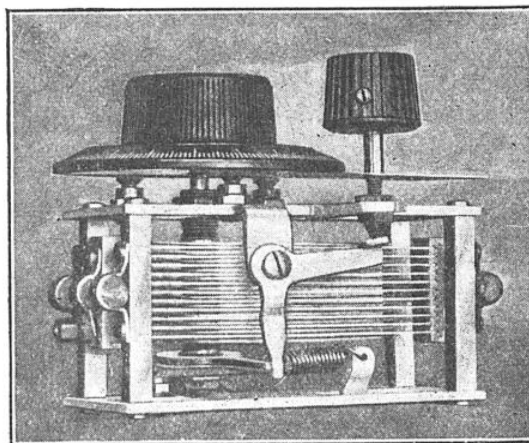
pièces étalonnées et les instructions complètes.

Au stand Radiola, l'un des plus luxueux du Salon, à côté du Supervox, le nouveau haut-parleur qui complète la série des Radiolavox, il importe de signaler le « Sfer 20 » (1), récepteur à changeur de fréquence bigrille, présenté sous l'aspect d'un élégant meuble de salon renfermant tout l'appareillage et le cadre orientable.

Ce récepteur a pour complément le « Rectifier », qui permet l'alimentation directe sur le secteur.

De l'Electro-Matériel, de belles et sobres présentations du Super-Phal, bloc compact, qui comporte un transformateur de fréquence bigrille suivi de quatre « moyenne fréquence ».

L'Ultra-Hétérodyne de Vitus est une belle et puissante conception, bien réalisée. De



LE CONDENSATEUR PIVAL

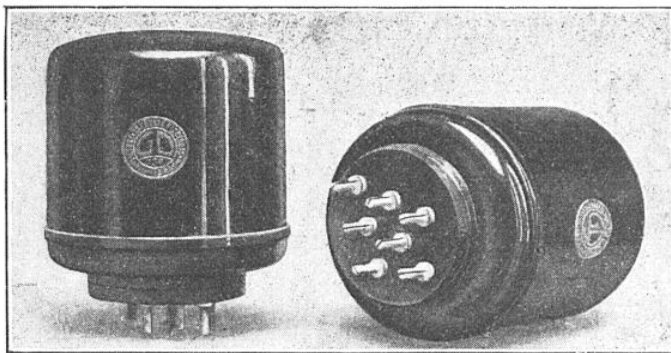
réglage simple, facilité par l'emploi de tableaux étalonnés, il est à la fois puissant et pur.

Voici une très ancienne connaissance, la Maison Horace Hurm, qui depuis seize ans a toujours conservé la même directive en se spécialisant dans la micro-T. S. F.

Tout poste réalisé dans ces établissements peut servir à deux fins avec le même rendement : à la maison, comme au voyage ; seule, la présentation diffère. Conçu dans le même esprit que le « Microdion » de 1921, voici, cette année, le « Microdion-Moduladyne », puissant montage à changeur de fréquence bigrille, qui comporte six valves, et dont le réglage s'obtient par le maniement de deux boutons.

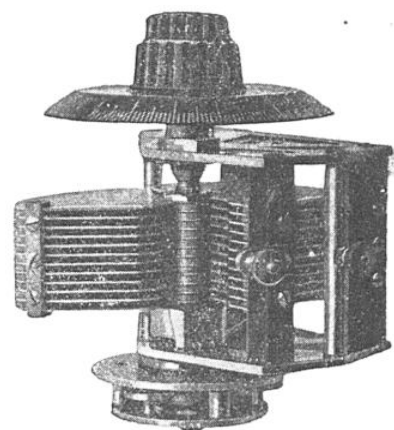
Nous remarquons également un élément « Micro-Coupleur », qui permet de transfor-

(1) Voir le n° 114 de *La Science et la Vie*.

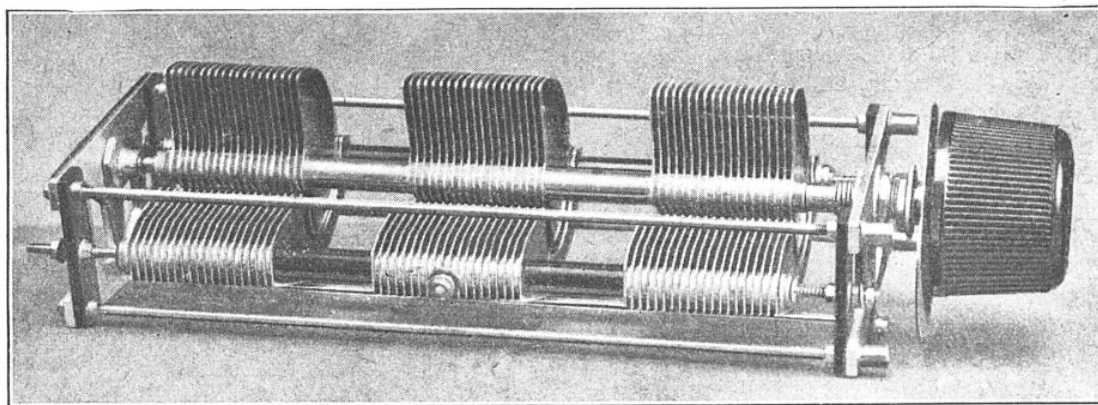


SELF « UNIVOQUE » POUR MONTAGES A ÉTAGES MULTIPLES
ET A RÉGLAGE UNIQUE (ÉLECTRONS)

Ces selfs spéciales, blindées, et très faciles à installer, conviennent pour les montages moyenne fréquence à grand rendement.



CONDENSATEUR « SQUARE LAW »
G. M. R.



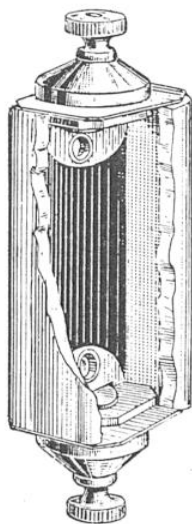
CONDENSATEUR TRIPLE « SQUARE LAW » POUR POSTES A COMMANDE UNIQUE (ÉLECTRONS)

mer instantanément le « Microdion » en poste à résonance perfectionné.

G. M. R. nous montre un poste à neuf lampes extrêmement puissant, le « Phénix ». De G. M. R. également, un condensateur variable, dont le profil des lames a été établi pour que la variation de longueur d'onde soit linéaire, tout en conservant un encombrement restreint.

Les « Radio-Modulateurs », en particulier le type à cinq lampes, que présentent les Etablissements Ducretet, remportent un vif succès. Ce poste, qui comporte une bigrille, une détectrice, une haute fréquence et deux basses, permet d'excellentes auditions en haut-parleur, sur petit cadre, de la plupart des émissions européennes.

Les Etablissements Paul LAGLADE ET PICARD



CONDENSATEUR AU QUARTZ
LANGLADE ET PICARD

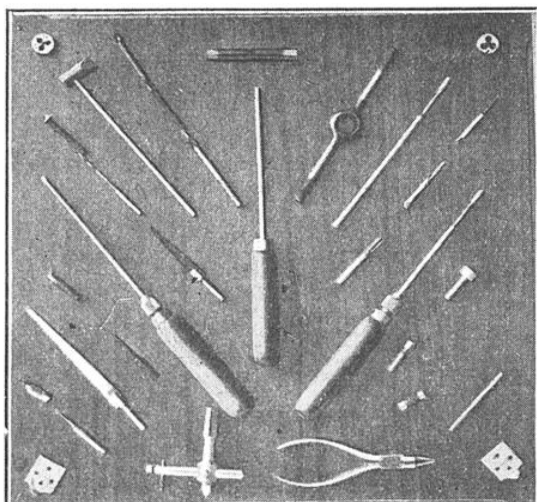
Graff nous présentent d'excellents postes d'amateur, sensibles, très sélectifs, très classiques.

Nous remarquons le « Cosmophone » à quatre lampes, montage à résonance, puis les « Cosmophone » à cinq ou six lampes, dont l'amplification en B. F. est du type push-pull.

M. Graff nous présente également une nouveauté, le Babygrille, poste à bigrille qui peut s'emporter, complet, aussi facilement qu'un appareil de photo.

Le Moduladyne, de Radiophénix, est un superhétérodyne bien construit, dont la présentation, ainsi que les résultats, plairont aux amateurs, qui aimeront en lui une sélectivité extrêmement poussée.

Chez Lemouzy, du beau et de l'excellent, que les types



LA TROUSSE A OUTILS « AUDIOS »

s'appellent Hyperhétérodyne ou Mégadyne. Signalons tout spécialement l'Ultra-Modulateur, bloc de changeur de fréquence à deux lampes, qui permet de transformer automatiquement n'importe quel ancien appareil en superhétérodyne. Un nouveau dispositif, extrêmement ingénieux, permet d'utiliser à la suite de l'Ultra-Modulateur, des récepteurs dont la gamme reste in-

férieure à 2.600 mètres, même si l'onde incidente atteint 3.000 mètres.

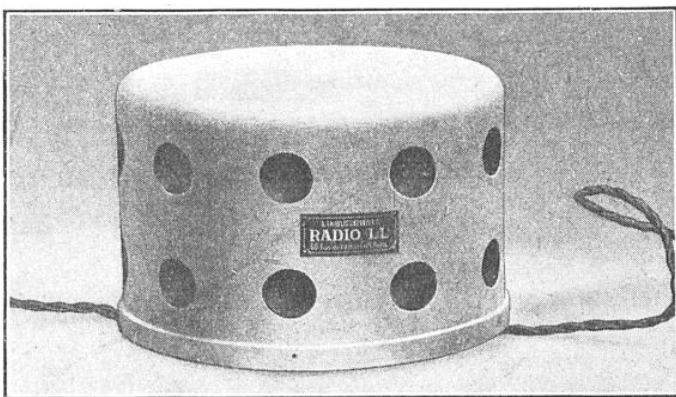
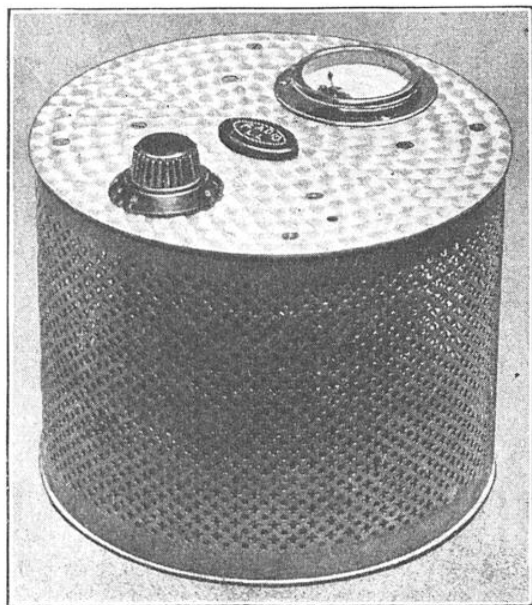
Chez Hardy, il nous faut signaler un excellent petit poste à galène, appareils trop rares en ce Salon. Puis toute la gamme des postes « Auto », dont l'Auto-6 Automatic est le plus puissant et le dernier né.

Chez S. N. A. P., l'amateur trouve un choix de modèles extrêmement varié, du poste le plus simple au plus complexe.

Des Établissements Péricaud, le très intéressant récepteur « Isodyne », qui utilise les propriétés de la lampe bigrille et permet une amplification considérable, tout en supprimant la manœuvre d'une réaction.

D'Alco, le « Superalcodyne », qui n'exige comme collecteur que « la terre ».

Chez Gody, l'une de nos plus anciennes et

REDRESSEUR DE COURANT 4 ET 80 VOLTS
RADIO-L. L.

REDRESSEUR DE COURANT 80 VOLTS RADIO-L. L.

bien connues maisons de T. S. F., un assortiment de postes correctement réalisés.

Le « Cryptadyne », de la Radio-Industrie, est l'appareil omnibus par excellence des amateurs qui désirent recevoir partout, même en déplacement, uniquement au casque, avec un appareil de volume et de poids très réduits, ce qui n'enlève rien à ses qualités de sensibilité et de sélectivité.

Berrens, le créateur des postes à réglage préalable, à étalonnage rigoureux, complète sa série bien connue par un « Super-Automatic », système Abelé-Berrens.

Pathé, la marque bien connue, complète son excellente production par des postes nouveaux, à rendement élevé, présentés sous toutes les formes qui peuvent plaire.

Les lampes

La Radiotechnique, qui nous rappelle, en un joli stand clair, l'histoire de ses efforts,

nous présente deux types nouveaux de lampes : la Radio-Micro, type R 38-36 D, détectrice à rendement élevé et faible consommation, et la Micro-Ampli, type R 38-50, pour l'obtention d'auditions fidèles et puissantes en haut-parleur.

Les lampes Fotos nous présentent spécialement leurs valves V. O. de redressement pour tableaux de tension-plaque.

La Compagnie des Lampes nous expose toutes ses productions, en réception comme en émission, en mono et bigrille, sous une forme à la fois attrayante et instructive.

Les nouvelles Microlux, qui possèdent le grand avantage d'avoir un filament de rechange, seront fort appréciées.

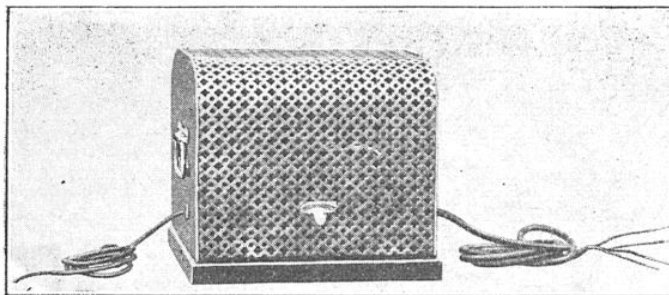
La lampe dite « sans plaque », de M. S., s'affirme de plus en plus comme une bonne production originale.

Les accessoires les plus remarquables

Pival nous présente un excellent ensemble de pièces détachées, en particulier ses condensateurs variables isolés au quartz, à démultiplication de $1/400^e$, qui suppriment le « back-lash », c'est-à-dire, pour nos lecteurs, le jeu mécanique qui se traduit par un jeu électrostatique nuisible au premier chef.

L'antenne « Prismat », de Radio-Hall, conçue dans le but de réaliser, sous une forme compacte, un collecteur d'ondes à grande capacité terminale, plaira par ses qualités électriques comme par la simplicité de son montage. Ne possédant aucune qualité directive préférentielle, c'est l'antenne de l'amateur qui veut recevoir « tous les postes ».

Chez Bardon, un excellent choix de pièces détachées de premier ordre, en particulier un transformateur blindé, dont les caractéristiques électromagnétiques ont pour résultat la réalisation d'un appa-



LE RECTISFER RADIOLA TYPE A + B

reil dont la distorsion est pratiquement nulle dans les limites des fréquences audibles. De bons condensateurs variables, à très faibles pertes, suivant la loi du carré, avec démultipliateur à rapport $1/60^e$, établis de

telle sorte que l'équilibrage des lames mobiles reste toujours parfaitement assuré, permettront de réaliser des récepteurs de grande sélectivité pour les ondes courtes.

Chez S. I. R., une jolie et excellente pièce détachée, le condensateur variable « Palmer » (1).

Les établissements « Electrons » nous présentent deux nouveautés : d'une part, les selfs « Univoque », blindées, pour établissement de montages moyenne fréquence à grand rendement, puis le condensateur variable triple, à commande unique, square law, comme il convient, à très faibles pertes.

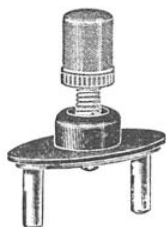
L'auto-transformateur, à capacité répartie réduite, est de fabrication peu courante ; nous le trouvons fort bien réalisé chez Guillon, qui dispensait déjà aux amateurs les excellents nids d'abeille « Nydab ». Grâce à cette production, la construction des neotdynes devient un jeu.

Les pièces détachées

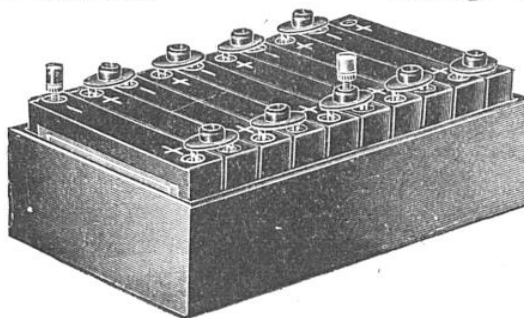
Chez Ribet et Desjardins, sous la marque « Unic », nous avons tout un lot de pièces détachées : jacks et fiches permettant la réalisation de combinaisons multiples, fiches Pilae d'alimentation. Nous signalons aux amateurs le « Gripp », ensemble de deux plaquettes réunies par vis de serrage, qui permet de réaliser le montage de toutes les connexions d'un poste sans aucune soudure, et le rhéostat le « Guyola ».

Au Pigeon Voyageur, sous la marque « Audios », une profusion de pièces détachées sélectionnées parmi les meilleures. Une nouveauté qui intéressera tous les

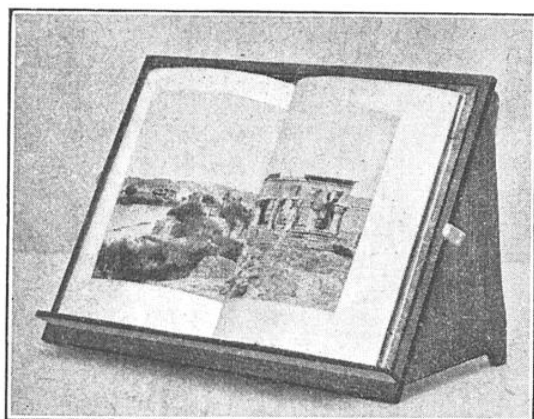
(1) Voir le n° 112 de *La Science et la Vie*.



FICHE DE COUPLAGE HYDRA



LA BOÎTE DE PILES HYDRA



LE HAUT-PARLEUR BIBLOS

amateurs, la trousse d'outils multiples, qui présente au constructeur amateur tout ce dont il peut avoir besoin au cours d'un montage.

Chez F. A. R., de parfaites pièces détachées, signalons l'impédance de plaque pour établissement de B. F., procurant la même pureté de réception que les montages à résistance, des selfs et transformateurs H. F., à réglages faciles. Un dispositif nouveau d'attache des fils antérieurs les garantit contre toute rupture accidentelle.

Langlade et Picard, dont le « Mikado » est bien connu, nous présentent de nouveaux types de capacités et résistances. Les capacités, bien étalonnées, restent invariables, quels que soient les efforts de traction qu'elles puissent subir. De plus, un modèle très récent, dans lequel le diélectrique au mica a été heureusement complété par le montage dans une gaine de quartz, assure le minimum de pertes en haute fréquence.

Signalons le bouton démultiplieur « Lento », applicable à tous condensateurs, que nous présente Gravillon.

Isodio nous offre, avec la gamme de ses « Diovario », la possibilité de réaliser facilement tous les montages en partant d'éléments simples, faciles à grouper.

Chez Ginouvès, pièces détachées correctes, décolletage soigné, à côté de condensateurs variables de réception, nous trouvons des modèles créés spécialement pour l'émission, puis, pour les constructeurs, les clubs, les amateurs curieux de tenter des essais très variés, une très robuste machine à bobiner les nids d'abeille.

Les dispositifs d'alimentation

Pour l'alimentation correcte des lampes à faible consommation, Tudor a étudié et

présente, sous le nom d'Accupile, un accumulateur particulièrement robuste pour le chauffage ; une batterie tension-plaque très étudiée complète la collection de cette importante firme.

Voici le Thermodyne Elcosa, qui, avec le redresseur de la même marque, permet l'alimentation par le secteur soit continu, soit alternatif. Le Thermodyne est un thermo-transformateur à couples thermoélectriques bien étudié et bien présenté.

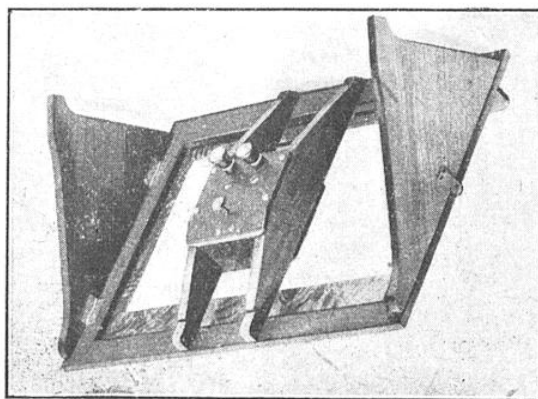
« Hydra », toujours en tête du progrès en ce qui concerne les générateurs électriques sous forme de piles, nous présente ses nouveaux modèles, aboutissement de longues et patientes études de laboratoire.

Il conseille, avec juste raison, aux amateurs, pour lesquels ces modèles ont été spécialement établis, d'apprendre à bien choisir celle qui convient le mieux à leur récepteur, seule condition de succès et d'économie.

Le Thermo-Secteur de Guérindon retient notre attention, d'abord par la réalisation d'un dispositif d'alimentation des filaments par bloc de piles thermo-électriques dont le chauffage peut être effectué par une source thermique quelconque, puis par la réalisation d'un redresseur pour tension-plaque que nous présente le même stand « Ariane », comportant comme élément de rectification la lampe Hélior, sans filament, utilisant les propriétés des gaz rares.

Le Stator Mag-Néon, que nous expose Liénard, appareil d'alimentation par le secteur, est une réelle nouveauté de ce Salon, parce qu'il utilise pour la première fois les remarquables propriétés des valves au néon.

Guernet, l'excellent ingénieur, présente son nouveau groupe de charge, établi sous forme de convertisseur de type industriel, à



INTÉRIEUR DU HAUT-PARLEUR BIBLOS

dimensions réduites. Malgré cette réduction, le rendement, qui atteint et quelquefois dépasse 33 %, reste excellent. Des modifications de détail en font un appareil très sûr et d'entretien nul. Nous estimons que le convertisseur Guernet résout le problème de l'alimentation par secteur, sous une des formes les plus correctes et les plus élégantes, car il est un de ceux qui permettent des auditions toujours parfaites, quelles que soient les fluctuations des courants fournis par les secteurs et quels que soient les régimes de ces derniers.

Chez Ferrix, toute la gamme des transformateurs que peut désirer l'amateur, ce qui lui permet d'utiliser toujours le meilleur. De nouveaux tableaux de tension-plaque et de charge d'accus, en particulier le redresseur Ferrix G.2, qui ne comporte aucun organe mobile.

La boîte d'alimentation « Totale », que présente Fersing, utilise une lampe particulière de redressement, un kénotron bi-plaque, qui simplifie l'appareil. Le filtrage d'alimentation effectué en cascade assure un bon redressement.

Les haut-parleurs

M. Gaumont veut bien nous faire aimablement les honneurs de son stand et nous présente deux jolies nouveautés : le haut-parleur Biblos et le diffuseur Lumière nouveau modèle.

Un livre ouvert à la page d'une jolie gravure et qui semble oublié sur son pupitre, voici l'aspect extérieur du Biblos, aspect si nouveau qu'il charme et plaît. Plaisir des yeux, charme de l'oreille, ce haut-parleur les unit. Un moteur invisible l'anime et lui procure un excellent rendement.

Le nouveau Lumière diffère du premier modèle bien connu par sa forme « en cœur » ainsi que par le point d'attaque du moteur, qui n'est plus au centre de la membrane. Cette nouvelle forme augmente la pureté en réduisant les harmoniques. Signalons, avant de quitter la maison Gaumont, que c'est à elle que sont dus les puissants haut-parleurs du type à membrane souple conique, qui, eux aussi, ont subi d'importants perfection-

nements et qui, situés sur le toit du Grand Palais, dispensent à la foule les harmonies des concerts radiophonés.

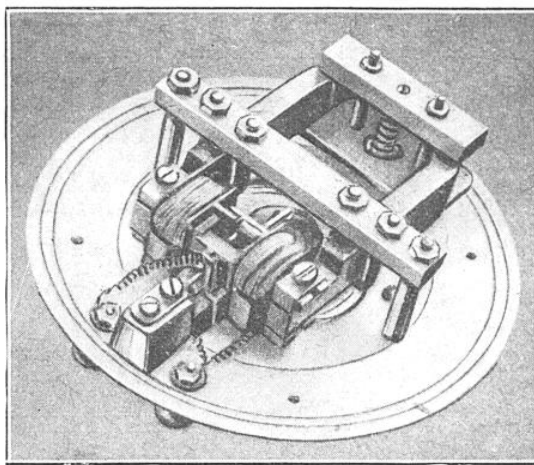
Nous retrouvons la famille bien connue des bons haut-parleurs Le Las, en particulier le type à membrane épaisse semi-amorti, dont le rendement est excellent.

Saldana présente son bon diffuseur, meuble coquet, haut-parleur à fonctionnement sûr, à réglage précis, dont la membrane spéciale reste toujours insensible aux variations d'humidité et de température.

De Brunet, les bons casques mondialement appréciés et les haut-parleurs dont on peut faire varier la tonalité.

Eriesson, la marque sanctionnée par les essais des laboratoires officiels, présente ses casques et haut-parleurs de haut rendement, très étudiés et bien réalisés.

Avec Al-Ma, nous trouvons l'un des haut-parleurs les plus remarquablement étudiés, au point de vue mécanique comme au point de vue acoustique. Cet appareil demanderait une étude spéciale, que le cadre restreint de ce compte rendu ne permet pas. Signalons l'équilibrage de la pa-



LE HAUT-PARLEUR AL-MA

lette vibrante entre quatre pôles d'électro-aimants, sens de branchement indifférent, possibilité du montage direct en sortie d'un montage push-pull, sans transformateur spécial, diffusion des sons par une chambre de résonance spéciale, et nous n'aurons pas tout dit.

A signaler également les très bons haut-parleurs Bardon et leurs transformateurs push-pull, qui permettent l'emploi direct du courant alternatif pour les étages B. F. montés « en balance ».

Nous terminerons cette revue par une visite, celle du stand des Établissements Belin, où nous retrouvons avec le plus grand plaisir les célèbres productions de notre inventeur national (1). Nous comptons sur lui pour nous fournir, l'an prochain, l'occasion d'admirer les premiers appareils pratiques de télévision.

J. ROUSSEL.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 114

LA T. S. F. ET LES CONSTRUCTEURS

Un transformateur basse fréquence d'un excellent rendement

ON peut dire qu'actuellement presque tous les récepteurs comprennent des transformateurs à fer pour relier entre eux les étages basse fréquence. On sait que, malheureusement, beaucoup de ces appareils ne sont pas parfaits, car la présence du fer, avec ses propriétés magnétiques, occasionne des déformations des sons. Et le même récepteur, suivant qu'il est équipé avec des transformateurs excellents ou médiocres, donne des résultats complètement différents. L'étude méthodique des phénomènes qui se passent dans un transformateur et des causes de déformation, jointe à une exécution parfaite de tous les détails de construction, même les plus minimes, permet seule de réaliser un appareil approchant de la perfection.

Voulant, avant tout, présenter un transformateur irréprochable et considérant que la recherche de cette qualité doit passer avant le souci de « faire bon marché », les Établissements Disco nous signalent, aujourd'hui, le transformateur « Kir », qui attire l'attention par ses qualités de rendement acoustique et électrique et sa construction mécanique soignée.

Le noyau de ce transformateur, d'une très forte section, se compose d'un grand nombre de feuilles de fer spécial, évitant les pertes par hystérésis et par courants de Foucault. Le gabarit en bakélite, indéformable, contient les enroulements primaire et secondaire.

L'enroulement primaire, en fil de 12/100, comprend 5.000 spires, enroulées en couches régulières isolées les unes des autres. Tout l'enroulement est complètement noyé dans une gaine de paraffine assez épaisse pour réduire au minimum la capacité entre le primaire et le secondaire, qui lui est superposé. Ce dernier enroulement est également

composé de couches régulières bien isolées et également enfermées dans une gaine de paraffine.

Le tout est contenu dans un blindage non magnétique, annulant ainsi toute action d'un transformateur sur son voisin.

Ces transformateurs subissent, au laboratoire, une série d'essais, dont voici les principaux : le fil émaillé est essayé à la rupture et à l'isolement ; les enroulements sont vérifiés de façon qu'aucun court-circuit, même partiel, soit décelé ; l'isolement

entre le primaire et le secondaire est essayé, pendant deux minutes, sous une tension de 1.000 volts. Après essais, il ne doit pas être inférieur à 500 mégohms.

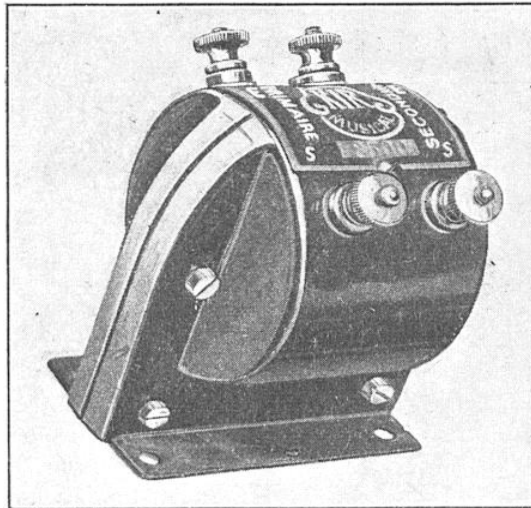
Le transformateur terminé est essayé sous diverses fréquences, pour vérifier son rendement. Tous les défauts de fer, de l'isolant, aussi faibles soient-ils, sont ainsi décelés.

Toutes ces précautions permettent au constructeur d'affirmer les belles qualités de ce transformateur placé dans n'importe quel récepteur de T. S. F., au point de vue de

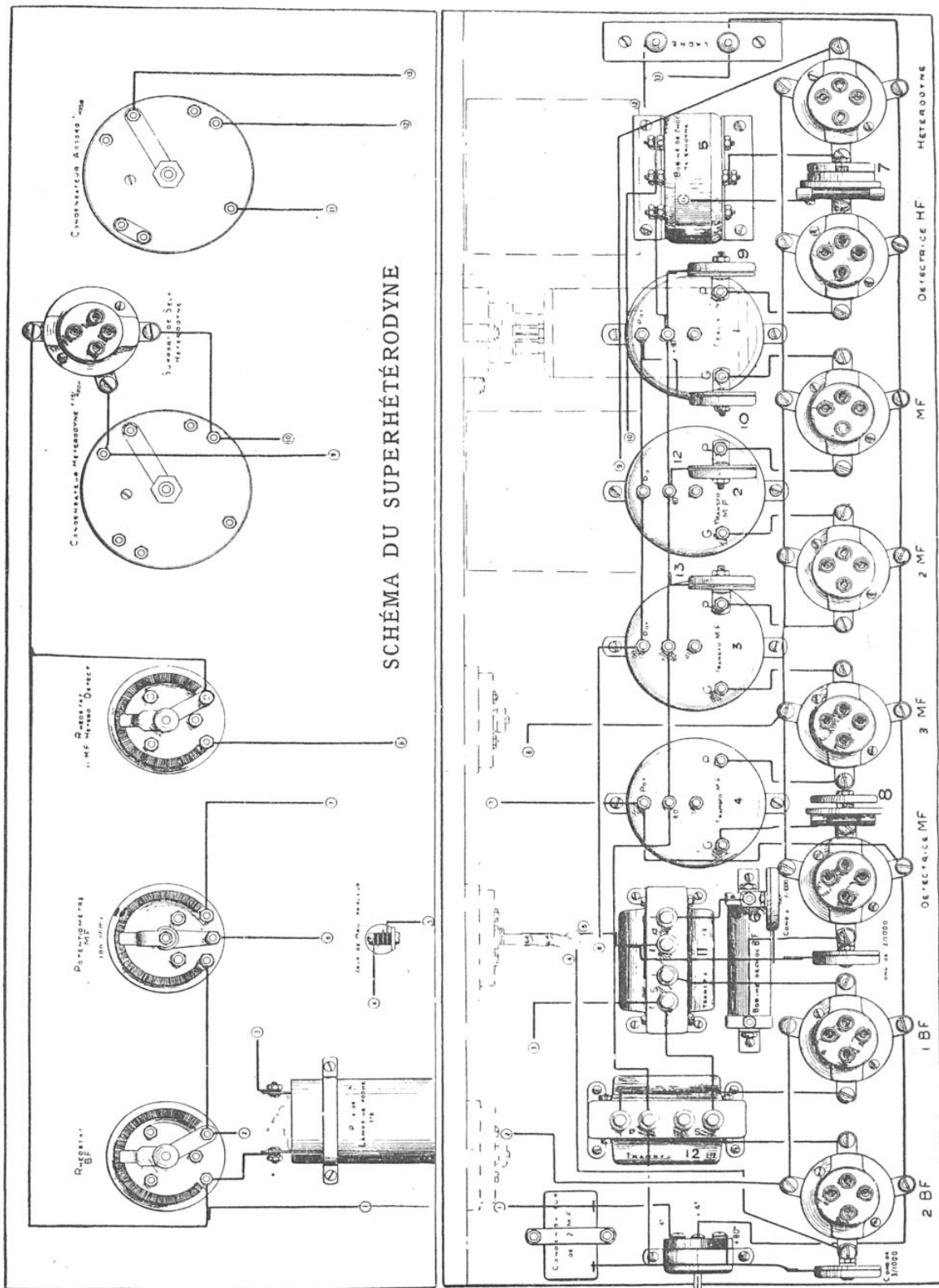
l'amplification et de l'absence des déformations.

Le superhétérodyne en pièces détachées

TOUT le monde voudrait avoir un superhétérodyne... mais le prix de cet appareil puissant et sélectif à l'extrême fait reculer beaucoup d'amateurs. Le construire soi-même ? Cela paraît bien compliqué lorsque l'on ouvre le panneau d'un poste sortant de chez le constructeur. Où se procurer les pièces nécessaires, qui doivent être choisies avec soin, si l'on veut obtenir de bons résultats ? Le constructeur voudra-t-il faciliter la tâche de l'amateur qui veut copier son poste ? Aujourd'hui, nous pouvons répondre : oui, car M. Lucien Lévy, l'inventeur bien connu du montage superhétérodyne, vient de décider de vendre, dans une boîte, toutes les pièces nécessaires à l'établissement du montage.

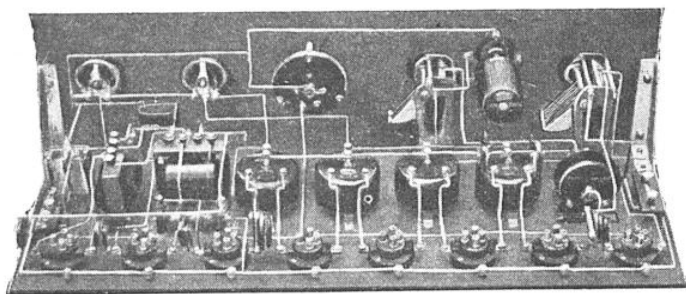


VUE EXTÉRIEURE DU « KIR MUSICAL »



Il donne même, en même temps que les accessoires, un schéma complet du poste, sur lequel les appareils sont représentés suivant leur forme réelle, ce qui facilite énormément le travail (fig. page 73). On peut affirmer que, dans ces conditions, n'importe qui peut monter un superhétérodyne dans d'excellentes conditions. Une notice explicative indique, en outre, la façon de découper les panneaux avec des cotes données, comment fixer les accessoires et dans quel ordre, comment établir les connexions, etc. Pour ceux qui veulent un travail encore plus facile, M. Lucien Lévy a fait établir les connexions toutes prêtes, fils soudés, etc., numérotés.

On sait que le superhétérodyne n'exige pas l'installation d'une antenne et qu'il est capable de recevoir sur simple cadre toutes les émissions européennes.



VUE INTÉRIEURE DU SUPERHÉTÉRODYNE

On doit même dire que l'antenne n'est pas conseillée avec ce genre de poste. Il faut donc un cadre. Eh bien ! de la même façon que l'amateur aura établi le poste, il pourra construire le cadre. La manière de monter le bâti, de faire l'enroulement qui se compose de deux parties de 12 spires, dont une est coupée en deux, la façon de connecter les trois enroulements ainsi obtenus, le montage du commutateur, etc., sont expliqués en détail.

Nous sommes persuadés que cette heureuse innovation connaîtra un grand succès auprès de tous les amateurs sans-filistes.

Nouveau mode de neutrodynage

Nous ne reviendrons pas sur le but du neutrodynage, dont nous avons eu l'occasion de parler à plusieurs reprises. Nous voulons signaler aujourd'hui le poste super-neutrodyne présenté par les Établissements Snap. Dans ce poste, au lieu de recevoir le + 80 volts au milieu de la self de résonance et obtenir ainsi, aux deux extrémités de la self, des potentiels haute fréquence égaux et de signe contraire, qui se transmettent, d'une part, à la grille, par la capacité grille-plaque, et, d'autre part, par une capacité égale pour annuler l'effet de la capacité grille-plaque, on utilise le secondaire du transformateur haute fréquence. Celui-ci joue le rôle de self de

neutrodynage et transmet à la grille un potentiel du signe contraire à celui de la plaque, suivant le schéma figuré ci-

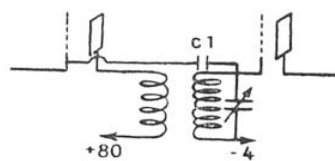


SCHÉMA DU NOUVEAU MODE DE NEUTRODYNAGE

contre. La capacité de neutralisation C_1 doit être de même valeur que la capacité grille-plaque de la lampe.

Le *super-neutrodyne* présente une grande sensibilité grâce à l'emploi de deux lampes haute fréquence, la première à transformateur accordé, la deuxième semi-apériodique. La manœuvre des organes de couplage se fait au moyen d'une seule manette.

La sélectivité est due, d'une part, à l'étage accordé, d'autre part, au système d'accord, qui permet de passer, au moyen d'une seule manette, de la réception en direct à la réception en Tesla ou en Bourne.

Trois étages basse fréquence, à transformateurs disposés suivant les arêtes d'un trièdre trirectangle, pour éviter les effets d'induction, assurent au super-neutrodyne une grande puissance.

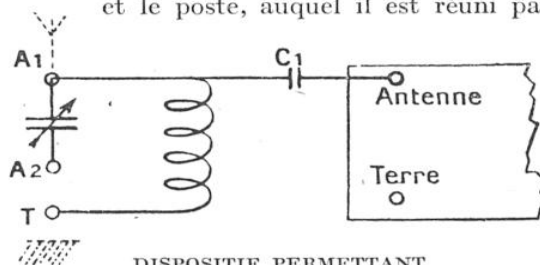
Ajoutons que le poste est présenté dans un coffret portatif en ébénisterie, où les lampes sont parfaitement à l'abri. Les selfs interchangeables, contenues dans des boîtiers isolants, se placent dans des fourchettes situées sur le côté de l'appareil.

Pour rendre un poste plus sélectif

On possède souvent un poste excellent, mais qui manque de sélectivité. Voici comment les Établissements Snap ont réalisé un appareil s'adaptant à n'importe quel poste pour lui donner une grande sélectivité :

L'appareil, dont le schéma ci-dessous représente le montage, se compose d'un circuit oscillant (condensateur variable de 1/1.000 et trois selfs interchangeables de 50, 125 et 200 spires pour couvrir toute la gamme des longueurs d'onde).

Ce circuit est intercalé entre l'antenne et le poste, auquel il est réuni par



DISPOSITIF PERMETTANT DE RENDRE UN POSTE PLUS SÉLECTIF

un condensateur C_1 de très faible capacité, dont la valeur est déterminée une fois pour toutes. Le poste est alors indépendant du collecteur d'ondes. La sélectivité devient parfaite (on peut séparer Radio-Paris de Daventry) et les parasites sont arrêtés par le condensateur C_1 .

Pour régler l'appareil, on place le condensateur d'accord du poste sur une position connue à l'avance (indépendante de l'antenne), puis on tourne le condensateur du « sélectofiltre-snap » jusqu'à obtention de l'émission désirée. Il ne reste qu'à régler la réaction et à retoucher légèrement le réglage.

Le « sélectofiltre-snap » est contenu dans un coffret de 15 centimètres de côté ne comportant sur la plaque d'ébonite supérieure, qu'un cadran et quatre bornes.

Comme nous l'avons dit, ce filtre peut se placer devant n'importe quel poste.

Nouveau condensateur à variation linéaire de fréquence et à démultiplicateur

LES qualités d'un condensateur peuvent être résumées ainsi : nécessité d'avoir un appareil mécaniquement robuste, présentant peu ou point d'usure après un long service et parfaitement isolé électriquement. Obligation d'avoir deux commandes distinctes, la première actionnant directement le rotor de zéro au maximum de capacité, pour trouver le point d'accrochage aussi vivement que possible, la seconde donnant, par rapport à la première, une démultiplication du mouvement assez grande pour permettre un réglage très précis, les organes en mouvement devant assurer ce déplacement lent sans aucun jeu.

Les flasques du condensateur Arena sont en aluminium fondu, très ajourés, parfaitement rigides et assurant, avec quatre entretoises, une très grande robustesse à l'ensemble de l'appareil.

Les lames mobiles sont fixées à un gros axe en deux groupes décalés de 180 degrés l'un par rapport à l'autre. L'équilibrage parfait du rotor est donc assuré, ce qui permet de le faire tourillonner à sa partie supérieure sur roulement à billes et à sa partie inférieure sur une bille de fort diamètre. Cette disposition rend la manœuvre plus douce et plus agréable et permet au condensateur d'assurer un très long service sans usure appréciable, donc sans dérèglement. Ajoutons que les lames du rotor sont en laiton, parfaitement rigides et planes, de forme demi-circulaire.

Electriquement, le rotor est à la masse de l'appareil.

La partie fixe comporte également deux groupes indépendants de lames, décalés de 180 degrés. Ces lames, en laiton écroui et poli, ont un profil spécial donnant une variation rectiligne de fréquence, ce qui assure un réglage très aisé des ondes courtes en n'importe quel point de la graduation du condensateur. A une de ses extrémités, chacun des deux groupes de lames fixes porte deux canons isolants, qui viennent se fixer solidement dans des colliers extensibles faisant corps avec les flasques.

L'isolement est parfaitement assuré par quatre canons d'ébonite ou de quartz de fort diamètre, placés complètement en dehors du champ électrique.

Démultiplication. — C'est un véritable train épicycloïdal, dont le porte-satellites reçoit son mouvement d'un axe passant à l'intérieur de l'arbre du rotor. Les satellites prennent leur mouvement de rotation sur un disque d'acier trempé bloqué sur le flasque inférieur et le transmettent à un autre disque d'acier trempé entraînant le rotor par l'intermédiaire d'une bille de fort diamètre en bronze spécial.

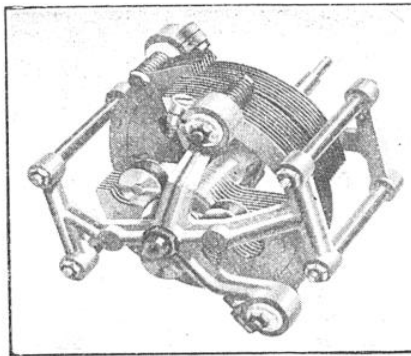
Bien que ce dispositif permette les rapports de démultiplication les plus grands sans aucune difficulté, on a adopté le rapport 1/50, reconnu comme nécessaire et suffisant.

Comme il n'existe absolument aucun jeu entre les organes en mouvement pendant l'entraînement lent, le déplacement du rotor se produit sans aucun retard, même lorsqu'on inverse le sens de rotation.

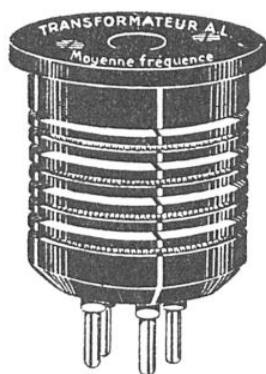
Commandes. — L'entraînement direct du condensateur se fait par un bouton de gros diamètre calé sur l'axe du rotor. L'entraînement lent est assuré par un second bouton tournant dans l'axe du premier et bloqué sur l'arbre porte-satellites. Cette disposition des deux commandes permet une grande rapidité de manœuvre.

Nouveau transformateur moyenne fréquence

NOUS n'insisterons pas sur l'emploi des transformateurs moyenne fréquence, très employés actuellement. Les Etablissements A. L. en ont fabriqué un modèle très facile à placer, puisqu'il comporte des broches qui permettent de les fixer sur un support de lampe. En ébonite spécialement choisie, cet appareil a été longuement étudié. Ce sont des modèles de ce genre qui sont employés en Angleterre, où ils ont donné d'ex-



LE CONDENSATEUR ARENA



LE TRANSFORMATEUR
MOYENNE FRÉQUENCE

cellents résultats.

Les champs magnétiques réduits au minimum permettent d'utiliser quatre étages haute fréquence à la suite les uns des autres, sans que les circuits accrochent. Le maximum d'amplification est donc atteint, et on peut, de ce fait, réaliser les montages puissants, tels que le superhétérodyne, le tropadyne, l'ultradyn, etc...

Un appareil monté avec ce transformateur a, en effet, permis de recevoir en plein jour et en très fort haut-parleur les concerts de Madrid, Rome, etc., sur un cadre de 50 centimètres de côté seulement.

Le « Stazodyne »

Ce poste est un superhétérodyne très étudié pouvant recevoir, sur cadre pentagonal de 40 centimètres de côté seulement, toutes les émissions européennes en haut-parleur.

Très sensible, très sélectif, ce poste est également d'un réglage très simple. Il comporte une lampe bigrille montée en changeur de fréquence, 4 lampes moyenne fréquence à transformateurs accordés, 2 lampes basse fréquence.

Les lampes sont contenues, comme tout le poste construit par les Établissements Creo, dans une belle ébénisterie en acajou. Les organes de réglage se résument en deux condensateurs variables, deux rhéostats de chauffage et un potentiomètre permettant le renforcement de l'audition.

Un jack permet d'utiliser une ou deux lampes basse fréquence, suivant l'intensité de la réception.

Quelques nouveautés en T. S. F.

Voici quelques nouveautés, très intéressantes pour les sans-filistes, que le Comptoir Electro-Scientifique présente :

Les « Superpostes Voltaïc » simplifiés, à 1, 2 et 3 lampes, donnant de très bons résultats et d'un prix modique ; sur bonne antenne, ils permettent d'entendre presque tous les principaux postes européens avec trois bobines nids d'abeilles.

Un nouveau poste automatique, fonctionnant sur antenne ou sur cadre, le « Super

ampli Automatic ». Son réglage est des plus simples : après avoir allumé les lampes, il suffit de tourner un bouton pour mettre le cadran sur la longueur d'onde correspondant au poste désiré et entendre l'émission désirée. Le réglage de la puissance voulue est obtenu par le bouton du renforceur. Ce poste comporte de 4 à 6 lampes et est monté dans un joli meuble d'ébénisterie de luxe en bois des îles, suivant l'harmonie de l'ameublement.

Le haut-parleur « Superphone » assure une audition claire, puissante et pure des émissions radiophoniques, et peut se brancher sur tous les postes de réception avec un bon rendement.

Le haut-parleur Saldana

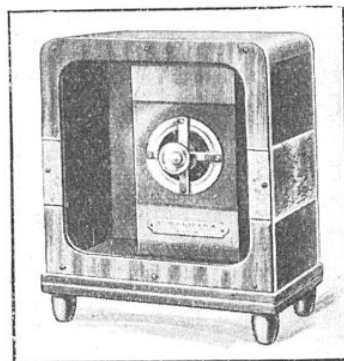
Le haut-parleur représenté par la photographie ci-dessous appartient à la catégorie des diffuseurs, c'est-à-dire des haut-parleurs sans pavillon.

Dans ce haut-parleur, l'armature est fixée à un équipage de plusieurs tiges vibrantes, ayant chacune une période de vibration propre différente. Ce système permet pratiquement l'annulation de l'effet de vibration propre de chaque tige. On obtient ainsi une grande netteté et la facilité de pouvoir actionner l'appareil au moyen des récepteurs les plus puissants, sans nuire à cette netteté.

La membrane du diffuseur « Saldana » est constituée par une matière spéciale, insensible à l'humidité et aux changements de température. Sa forme étudiée lui donne un rendement acoustique excellent.

Pour mettre le haut-parleur en service, il suffit de connecter les cordons aux bornes de l'appareil récepteur en respectant la polarité. Le réglage s'effectue au moyen d'un bouton moleté situé derrière le haut-parleur. On commence par dévisser ce bouton jusqu'à ce que l'on entende un claquement. A ce moment, on tourne légèrement en sens inverse pour obtenir le maximum de puissance.

J. M.



LE DIFFUSEUR SALDANA

**LA SCIENCE ET LA VIE est le seul magazine
DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE**

L'AUTOMOBILE ET LA VIE MODERNE

Par A. CAPUTO

Quelques réflexions sur les tendances actuelles de la construction automobile.

PARMI les tendances qui se manifestent dans la construction automobile, certaines d'entre elles semblent devoir connaître, à l'avenir, un ample développement et méritent d'être analysées en détails. Nous consacrerons donc quelques causeries à la recherche des motifs de ces orientations nouvelles et à l'examen de l'intérêt pratique, pour l'usager, des changements et améliorations qu'elles permettent d'entrevoir.

Pourquoi six cylindres plutôt que quatre

Multiplier le nombre des cylindres d'un moteur, c'est provoquer une fréquence plus rapide des efforts utiles développés sur les pistons dans un même espace de temps.

Si nous prenons comme point de comparaison le monocylindre, celui-ci fournit un

effort utile, *une impulsion tous les deux tours* de son arbre moteur. Cet arbre doit donc porter un volant assez lourd, afin d'emmagasiner, pendant une seule course de piston, l'énergie nécessaire à ce dernier pour accomplir trois autres courses négatives de préparation.

Dans le 4 cylindres, d'emploi général aujourd'hui, l'arbre moteur reçoit *deux impulsions par tour*. Dans le 6 cylindres, qui a gagné, cette année, de très nombreux partisans, l'arbre moteur reçoit *trois impulsions par tour*.

L'entraînement de la transmission s'opère donc beaucoup plus régulièrement et non pas par saccades très espacées, comme dans le monocylindre.

Alors que la moindre variation des résis-

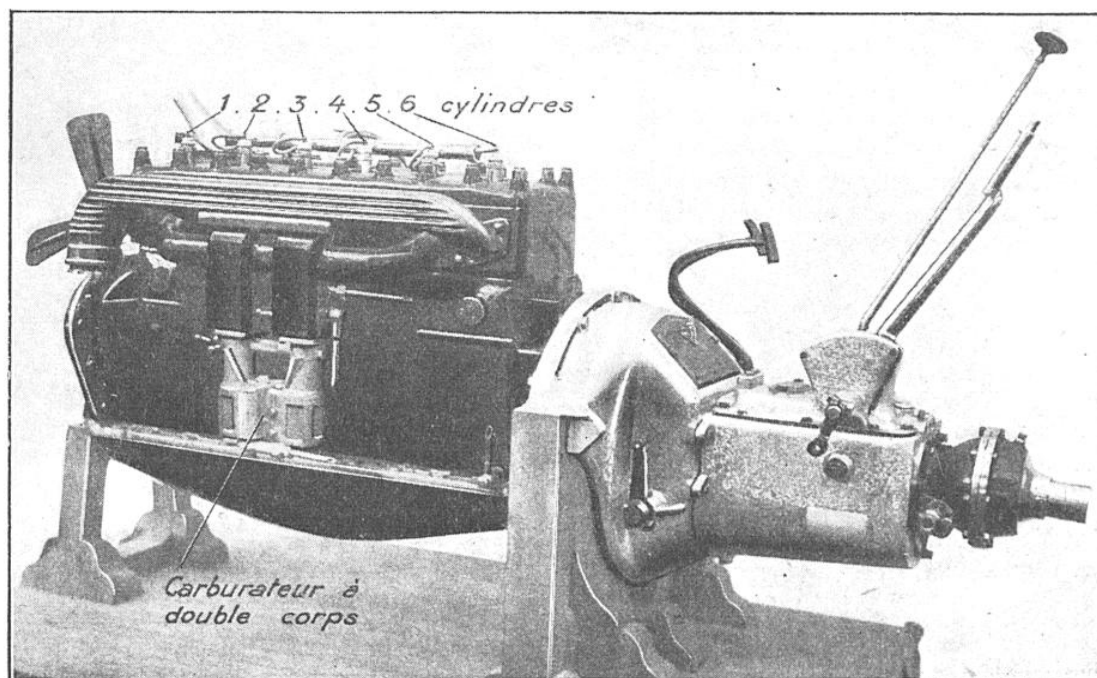


FIG. 1. - MOTEUR A 6 CYLINDRES FORMANT BLOC AVEC L'EMBRAYAGE ET LA BOITE DES VITESSES
Le 6 cylindres est préféré pour sa souplesse, sa douceur d'entraînement et son fonctionnement silencieux. Il augmente l'agrément de marche de la voiture et le confort des passagers (bloc-moteur 6 cylindres Berliet).

tances que le véhicule propulsé rencontre à son déplacement (mauvais terrain, rampe accentuée, etc.), que le moindre changement de régime imposé par les ralentissements ou les accélérations de la circulation réclament, avec le monocylindre, l'usage immédiat du changement de vitesse mécanique, le 6 cylindres manifeste, dans les mêmes circonstances, *beaucoup plus de souplesse* et une grande aptitude à répondre aux variations des résistances pour une manœuvre peu fréquente du changement de vitesse, d'où une *conduite de la voiture plus agréable*. La multiplicité et le rapprochement des impulsions motrices ont cet autre avantage de

réduire les vibrations et d'assurer un *fonctionnement plus silencieux*. Le choix du 6 cylindres sur la voiture moderne est donc justifié; par contre, son établissement fait naître quelques difficultés de construction. L'arbre moteur très long doit être de gros diamètre, soutenu par des paliers nombreux, afin de prévenir ses vibrations propres et celles qu'engendrent les irrégularités des mouvements de la distribution à soupapes (l'action des cames sur les ressorts de soupapes étant discontinue). Le problème est délicat et, longtemps, bien des 6 cylindres furent atteints, à certains régimes, de trépidations violentes qui les mettaient en infériorité par rapport à de simples 4 cylindres bien exécutés.

Mais ce sont là des écueils que l'on surmonte maintenant aisément.

Pour l'agrément de marche, on doit préconiser de multiplier encore le nombre des cylindres : 12 cylindres sont plus satisfaisants que 6. Néanmoins, ce mouvement d'évolution ne peut être que très lent, car il faut compter avec les prix de revient.

La très grande souplesse du moteur est l'aboutissement des recherches en cours; on la réalisera dans quelques années, sous une forme plus simple des mécanismes et par une exécution moins coûteuse, avec le moteur à deux temps.

Pourquoi revient-on aux soupapes latérales ?

Voici deux ans, les distributions à soupapes « en tête des cylindres », commandées soit par tringles et culbuteurs, soit par arbre à cames reporté lui-même au-dessus du groupe, étaient très en faveur. On suivait, dans cette application, les enseignements recueillis dans la préparation des moteurs des voitures de course.

Or, les « soupapes en tête » ne présentent de réels mérites que si l'on tient à faire tourner un moteur très vite, et, dans ce cas, si l'on veut réussir en même temps la moindre consommation, il faut avoir recours à la

commande de soupapes inclinées, par deux arbres à cames, avec bougie d'allumage au centre de la chambre d'explosions.

Les conditions de montage, de graissage des articulations multiples ainsi créées, compliquent la fabrication, et il devient difficile d'obtenir un fonctionnement silencieux.

Pour les modèles du type courant, que l'on cherche surtout à rendre durables, on ne peut dépasser

les régimes de 3.000 à 3.500 tours-minute dans les conditions actuelles de notre métallurgie.

Dès lors, les « soupapes latérales » sont avantageuses, et, après un engouement passager pour les soupapes en tête, on se retourne vers elles, d'autant que de nouveaux motifs, d'ordre technique, y engagent les intéressés.

Nous donnons, figure 2, la comparaison entre la culasse d'un moteur ancien, à soupapes symétriques, et celle d'un moteur moderne à soupapes latérales. On remarque que, dans le moteur à soupapes symétriques, la chambre d'explosions est très étendue et que la bougie d'allumage est placée à une de ses extrémités. Au contact des parois à grande surface, il se produira, avant l'allumage, à la périphérie de la masse d'air et d'essence comprimée, des condensations, qui seront la cause d'autant de pertes de carburant, lors de la combustion du mélange : la

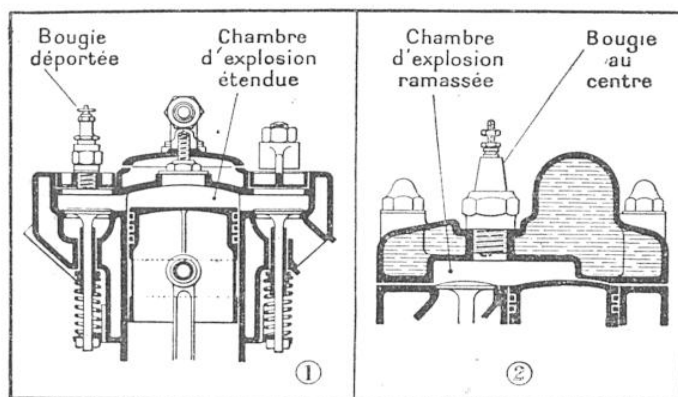


FIG. 2. — CULASSE D'UN MOTEUR ANCIEN A SOUPAPES SYMÉTRIQUES ET CULASSE D'UN MOTEUR MODERNE A SOUPAPES LATÉRALES

I. La culasse du moteur ancien était à chambre d'explosions très étendue, à grande surface de parois et à bougie déportée vers une des extrémités de la chambre. — II. La culasse du moteur moderne, à soupapes latérales, est à chambre d'explosions ramassée, de surface de parois réduite et à bougie centrale. Cette disposition améliore le rendement pour la puissance développée par le moteur et pour sa moindre consommation.

propagation de l'inflammation provoquée par l'étincelle électrique sera lente et irrégulière ; pendant le phénomène de l'explosion, une part notable de chaleur sera perdue par les parois.

Avec la culasse moderne à soupapes latérales, la chambre d'explosions est déportée au-dessus des soupapes, elle est de forme ramassée, et la bougie est placée en son centre. Les surfaces des parois sont réduites, les condensations sont moindres, la propagation de l'étincelle, rapide et régulière, moins

qu'est caractérisée maintenant cette forme rationnelle de culasse.

Pourquoi recherche-t-on l'épuration de l'air pénétrant au carburateur et celle de l'huile de circulation du moteur ?

Ces questions sont de la plus grande importance pour l'usager, car elles intéressent la durée du moteur et l'économie de consommation de l'huile de graissage, dont le prix est très élevé.

Nous avons déjà montré dans ces causeries

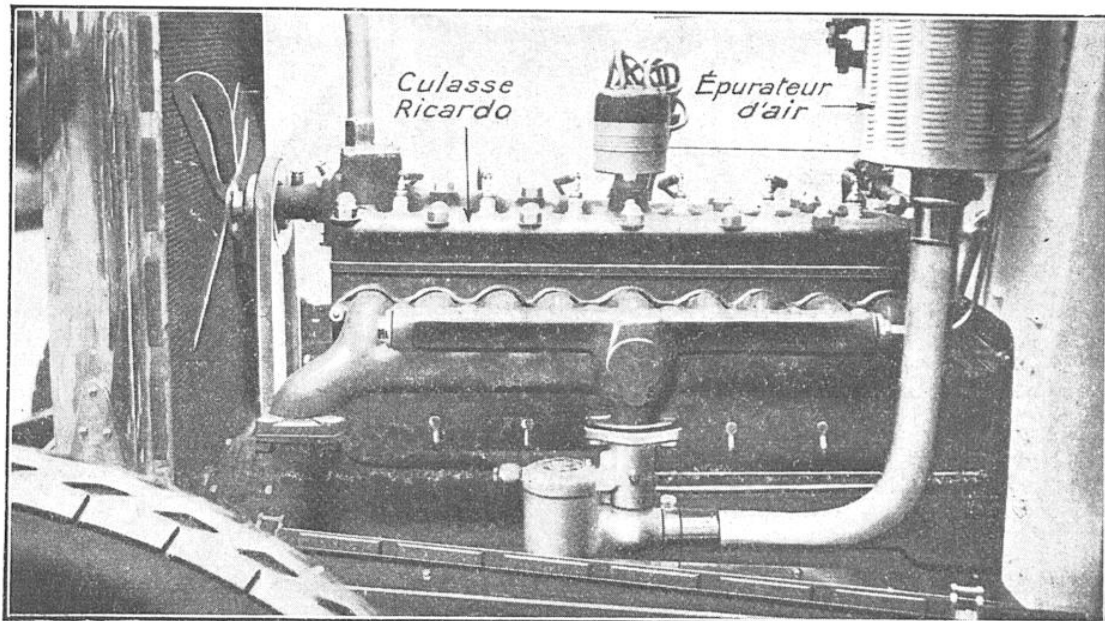


FIG. 3. — UN MOTEUR MODERNE A 6 CYLINDRES AVEC CULASSE RICARDO

Dans l'établissement de ce moteur a été utilisée la forme de culasse de la figurine II de la figure 2, culasse dénommée Ricardo, du nom de l'éminent ingénieur anglais qui a mis en valeur les bénéfices de rendement procurés par l'adoption de ces formes. On remarque aussi, sur le tablier, la présence d'un épurateur d'air à garniture de feutre, qui capte poussières et graviers avant l'introduction de l'air au carburateur (moteur 6 cylindres, à soupapes latérales, Donnet).

de chaleur est perdue par les parois, davantage de chaleur est donc transformée en énergie cinétique sur le piston. Cette puissance demande également moins de carburant pour être produite, puisque la combustion sera meilleure et plus économique.

Au résultat, on trouvera sur l'arbre moteur plus de C. V. et ces C. V. seront plus sobres. Nous avons déjà entretenu les lecteurs de *La Science et la Vie* des phénomènes de turbulence qui interviennent aussi très favorablement avec cette disposition de culasse ne communiquant avec le cylindre que par un conduit étroit (1).

Ces phénomènes ont été mis en valeur, vers 1920, par l'éminent ingénieur anglais Ricardo, et c'est donc du nom de l'auteur

l'utilité des filtres à air et à huile (1), mais il n'est pas indifférent d'y revenir.

Particulièrement sur route, l'air contient en suspens des poussières et de fins graviers qui, au moment de l'aspiration, pénètrent dans le carburateur, puis à l'intérieur du moteur. Sur les parois des cylindres garnies de la pellicule d'huile de graissage, une certaine quantité de ces poussières et graviers se déposent, s'incorporent au lubrifiant et lui donnent un fâcheux pouvoir abrasif qui influera sur l'usure lente de toutes les parties frottantes. Il est donc naturel de prévenir leur introduction avant le carburateur, lequel ne recevra que de l'air pur. On utilise, à cette fin, des garnitures de feutre, ou bien on force l'air à prendre un

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 100.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 105

mouvement giratoire, qui expulse les particules solides vers la périphérie, la veine centrale d'air épuré gagnant seule le carburateur.

On élimine, par cette précaution, une première cause d'altération des qualités lubrifiantes de l'huile de graissage.

Mais celles-ci sont également modifiées par l'élévation de température de la masse de l'huile de circulation, par l'incorporation de fines particules de carbone et de parcelles métalliques, par l'addition de vésicules d'essence.

Au contact des parois des cylindres et des pistons, à son passage dans les coussinets,

l'huile en présence dans la chambre d'explosions, de fines particules de carbone s'agglomèrent sur les parois et s'incorporent à l'huile de graissage, comme le font habituellement poussières et graviers. Il faut noter aussi les parcelles métalliques imperceptibles, venant de légères érosions locales provenant d'irrégularités de graissage. Pour arrêter particules de carbone et parcelles métalliques, on dispose sur le circuit de refoulement, soit des *matières filtrantes*, soit des appareils *centrifugeurs*, lesquels, en imprimant une rotation rapide au liquide, en expulsent les produits solides.

Une quatrième cause d'altération de l'huile

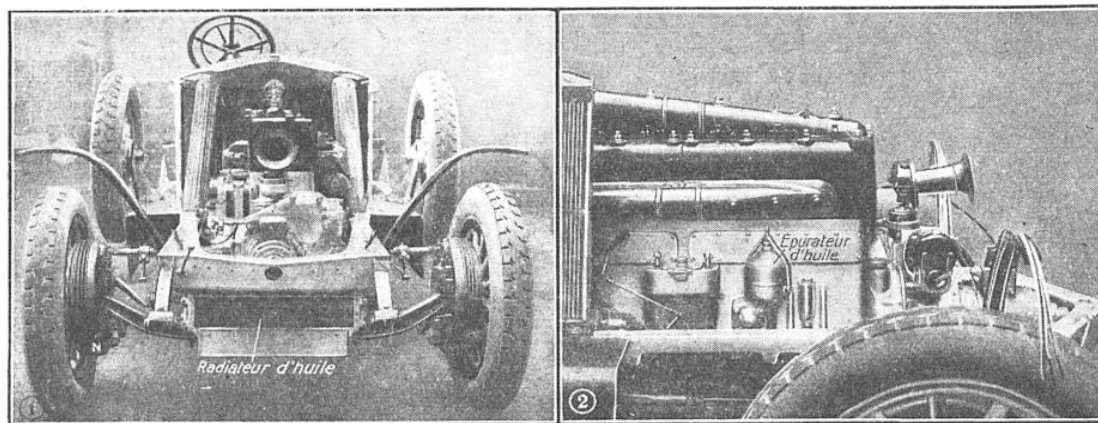


FIG. 4. — RADIATEUR ET ÉPURATEUR D'HUILE

I. Afin de maintenir l'huile à une température normale pour lui conserver toutes ses qualités lubrifiantes, on n'hésite pas à avoir recours à un véritable radiateur pour son refroidissement. — II. En cours de fonctionnement du moteur, de fines particules de carbone, des parcelles de métal s'incorporent dans l'huile de graissage. Des appareils à matières filtrantes ou centrifuges sont maintenant étudiés pour épurer l'huile de façon constante (radiateur d'huile et centrifugeur sur châssis Renault).

l'huile s'échauffe et, quand elle retombe dans le carter inférieur, elle communique, peu à peu, cet appoint de chaleur à toute la masse de l'huile en circulation.

Plus cette température s'élève, moins bien le lubrifiant remplit son office.

Divers moyens se présentent pour pallier cet inconvénient : utiliser une quantité importante d'huile qui s'échauffera moins vite; adopter un carter inférieur de moteur nervuré à grande surface de radiation ou de véritables *radiateurs*; avoir recours à un réservoir d'huile séparé à grande capacité et à deux pompes de graissage, l'une assurant, comme il est classique, la circulation de l'huile vers les organes du moteur, la seconde étant chargée d'épuiser le carter inférieur du moteur, devenu réservoir d'attente, et de refouler l'huile au réservoir annexe. L'huile se refroidira par circulation dans les tuyauteries et par contact avec la masse abondante du réservoir spécial.

Lors de l'explosion, par suite des combustions incomplètes de l'essence et aussi de

est l'addition de vésicules d'essence retombant dans le carter inférieur. Ces dépôts se font surtout importants, lorsqu'on injecte de l'essence dans les cylindres pour faciliter les départs par temps froids ou quand le mélange de ralenti est très riche et peu homogène.

Pour évacuer ces produits volatils, on a créé des *séparateurs*. Ceux-ci sont maintenus à température constante par une dérivation de l'échappement, réglée par un thermostat, et reliés à l'aspiration du moteur. L'huile redescendant des cylindres est captée dans une rainure du piston, aspirée par un tuyau joignant chaque cylindre et l'appareil. Les produits volatils sont gazéifiés et s'en vont enrichir le mélange aspiré par les cylindres.

Tous ces appareils annexes sont généralement montés après coup et se présentent assez encombrants et disparates. Dans l'avenir, ils seront certainement prévus lors de l'étude du modèle. Ils apporteront la *garantie d'un service beaucoup plus sûr et durable*

et d'une moindre consommation d'huile, très chère. On aura moins à se préoccuper du ravitaillement régulier et des vidanges périodiques, qui constituent des nécessités assez ennuyeuses, mais — comme nous l'avons maintes fois expliqué — qui sont les causes principales de la bonne marche du moteur et de l'économie de son entretien.

Pourquoi cherche-t-on à supprimer les essieux et à rendre les roues indépendantes ?

Le problème de la suspension est celui qui exige les études les plus sérieuses et les plus complètes.

L'entretien des routes avec la circulation intense des voitures rapides et des poids lourds entraîne de grosses dépenses, et les crédits actuels suffisent à peine à maintenir nos grandes voies dans un état relativement satisfaisant.

Il faut donc que la perfection des suspensions supplée à l'insuffisance des qualités de la route.

Mais il y a là beaucoup plus qu'un besoin de confort et d'agrément, c'est le rendement même

du véhicule qui est directement en jeu.

En effet, si l'état de la route force un véhicule rapide à ralentir, ces ralentissements successifs détermineront, soit une réduction de la vitesse moyenne, soit l'obligation d'accélérer. L'allure, ensuite, sur bonnes routes.

C'est ce dernier parti qui est suivi et l'on doit alors avoir recours à un moteur assez puissant pour atteindre le résultat convoité.

Si des ralentissements notables ne s'enregistraient pas, on pourrait avec moins de puissance au moteur — ce qui implique également moins de poids et de dépense — réaliser la même vitesse moyenne, sans être obligé, par ailleurs, de soutenir, sur bonnes routes, des vitesses souvent dangereuses.

Dans l'établissement des *suspensions à roues indépendantes*, la première acquisition est une réduction du poids des organes, qui ne sont isolés du sol que par le matelas élastique du pneu.

Avec le montage classique des roues sur essieu rigide, tous les organes afférents aux

roues ont une inertie dont les effets sont d'autant plus accusés sur la partie suspendue par les ressorts que la voiture est plus légère.

Plus le poids des essieux et de leurs annexes est grand par rapport au poids suspendu, plus les roues auront tendance à quitter le sol sous les réactions des chocs de la route, et plus violemment seront ressenties ces réactions par le châssis, la carrosserie et les occupants.

C'est un des motifs pour lesquels on constate généralement que la voiture lourde est plus confortable que la voiture légère. Comme il est logique, pour des raisons de bon rendement et de moindres dépenses,

d'alléger la voiture complète, on doit donc tenter de réduire au minimum le poids des organes non suspendus. En supprimant les essieux, on ne réalise pas surtout un gain très important de poids de l'ensemble, mais on reporte ingénieusement sur les mécanismes suspendus une partie de ce poids : ressorts, bras d'attache, carter de différentiel, freins, etc., etc.

De la sorte, au poids de la

roue ne vient s'ajouter que celui du support de fusée et des freins, lorsque ceux-ci sont conservés. C'est là un premier et sérieux bénéfice.

Lorsqu'une roue est reliée par un essieu rigide à celle qui lui est placée en opposition, tous ses déplacements relatifs propres ont une influence directe sur la roue en opposition, les ressorts de suspension, le châssis, la carrosserie et, par la liaison des ressorts, sur le second essieu de la voiture.

Sans essieu, chacune des roues travaille pour son compte, sans influence caractéristique sur les autres, et, seuls, les organes de liaison et de suspension qui lui sont adjoints supportent des réactions directes. Châssis et carrosserie recevront moins souvent, et avec moins d'amplitude, de ces mouvements très complexes qui engendrent le galop, le roulis et le tangage.

Des solutions comme celle des Sizaïre frères ont fait leurs preuves et la performance de ces voitures est remarquable.

L'indépendance des roues ne suffit pas à

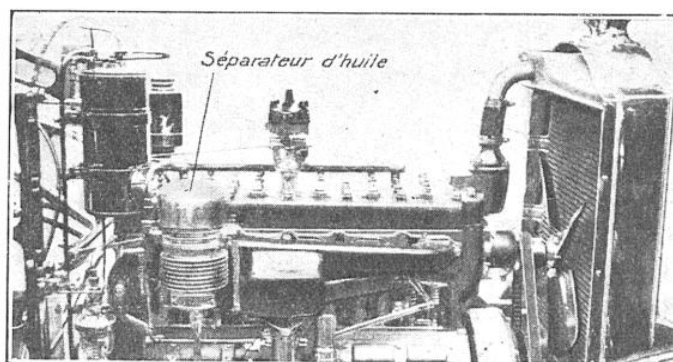


FIG. 5. — SÉPARATEUR D'HUILE

Une autre cause d'altération de l'huile de graissage est la présence d'essence retombée dans le carter du moteur, sous forme de vésicules, avec l'huile descendant des cylindres. On fait passer l'huile dans un appareil réchauffé, à température constante, et relié à la tuyauterie d'aspiration du moteur. Les produits volatils sont gazéifiés et retournent à l'aspiration (Skinner-oil sur moteur Packard).

elle seule pour garantir une suspension réellement satisfaisante ; l'étude minutieuse des ressorts, l'adjonction d'amortisseurs restent évidemment de la même utilité.

Les constructeurs redoutent toujours de s'écarter des sentiers battus et sont actuellement en expectative devant ce progrès, dont ils ne méconnaissent pas, d'ailleurs, toute la valeur pratique. Certains

et qui nécessitent un entretien particulier.

Cet argument n'est pas sans valeur pour la construction en série, régie par le prix de revient.

Néanmoins, les résultats procurés par la suspension intégrale à roues indépendantes sont tels que l'on ne reculera pas, finalement, devant un changement des habitudes classiques. En tout cas, le montage des

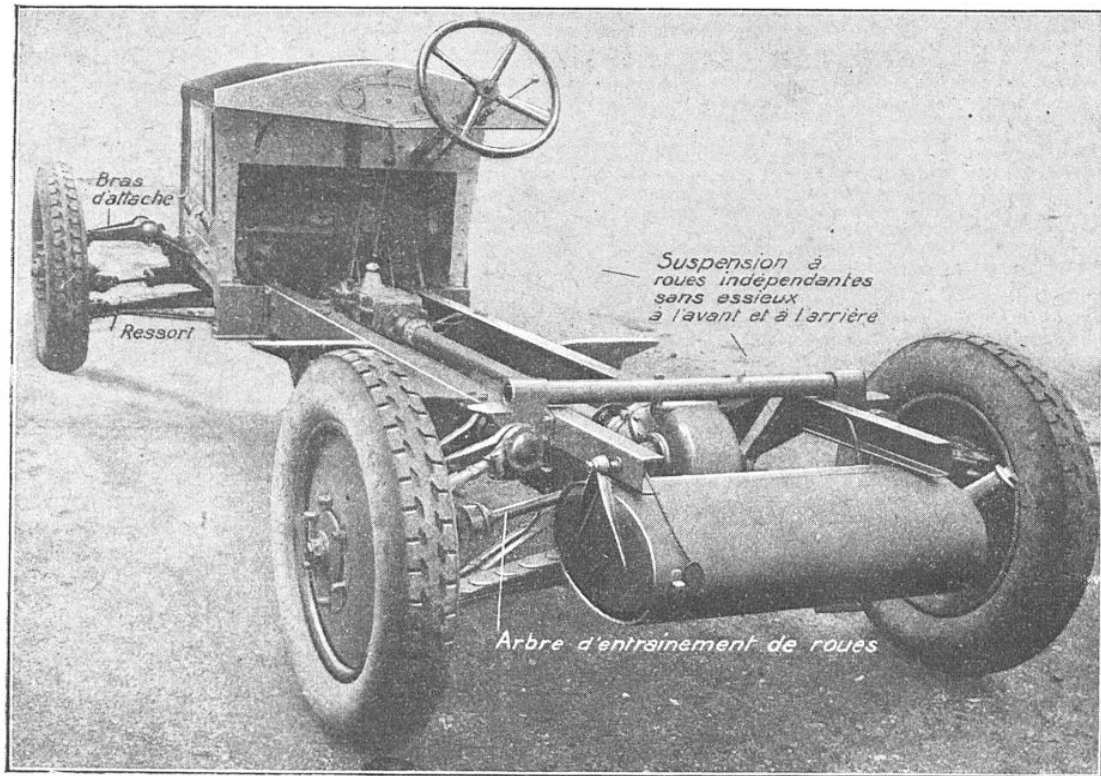


FIG. 6. — UN CHASSIS A ROUES INDÉPENDANTES

Dans le châssis Sizaire frères, les essieux ont été supprimés, les supports de fusée sont réunis au châssis, en haut, par un bras oscillant formant également amortisseur et, en bas, par le ressort transversal de suspension. L'entraînement des roues arrière motrices s'opère par des arbres transversaux à cardans. Dans cette réalisation de la suspension intégrale, à roues indépendantes, le poids des organes non suspendus est des plus réduits ; les roues travaillent chacune pour leur propre compte ; les réactions, sur le châssis, sont énormément atténuées et le confort, sur mauvaises routes, vraiment exceptionnel.

commencent par créer l'indépendance relative des essieux.

Dans la nouvelle 10 C. V. Ansaldo, la suspension avant est réalisée par un ressort transversal, articulé à rotule, à l'avant du châssis, l'essieu étant guidé par un triangle d'attelage comme dans la Ford.

Par cette disposition, le châssis est suspendu en trois points et les longerons ne sont plus soumis aux grandes torsions.

On reproche à la suspension intégrale à roues indépendantes la présence des arbres transversaux à cardans de l'entraînement des roues motrices, plus coûteux à établir

roues indépendantes à l'avant du véhicule est simple à réaliser.

Ce que l'on peut penser, c'est que la suspension à roues indépendantes affirmera quelque jour ses mérites et sera bientôt reconnue indispensable à l'avant des voitures, pour les qualités procurées à la suspension, mais non moins par celles de stabilité, de précision et de douceur données à la direction, celle-ci s'opérant par commande autonome de chaque roue directrice, autre perfectionnement que nous examinerons au début d'une prochaine causerie.

A. CAPUTO.

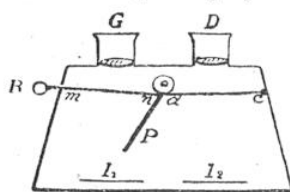
LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Une méthode simple pour obtenir des photographies animées

Nous avons eu l'occasion de parler des travaux de M. Estanave, docteur en sciences, au sujet des réseaux qui permettent de voir une photographie en relief ou une photographie animée. Voici ce que



PREMIÈRE MANIÈRE D'AMÉNAGER UN STÉRÉOSCOPE POUR LA VUE DE PHOTOGRAPHIES ANIMÉES

figure de cette personne.

Voici comment on peut, d'une façon très simple, toujours d'après M. Estanave, réaliser ce genre de photographie. Nous supposons que l'on possède une jumelle stéréoscopique, permettant de prendre deux photographies du sujet dans deux attitudes différentes, en ne découvrant qu'un seul objectif à chaque fois. D'ailleurs, si l'on n'a pas de jumelle stéréoscopique, on sait qu'il n'est pas difficile de prendre, sur une même plaque d'appareil ordinaire, deux vues différentes, et même, si les deux vues sont sur deux plaques différentes, on peut aisément tirer, par contact, un seul positif des deux clichés.

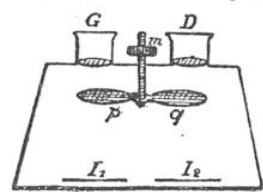
Pour réaliser l'illusion de l'animation, il faut montrer, successivement à chaque œil, une seule image, et cela au même endroit, pour que les impressions se superposent.

nous entendons ici par photographie animée. Ce sera, par exemple, le portrait d'une personne qui se montre à nous sous deux attitudes différentes. Une physionomie sérieuse se succédant avec un sourire un certain nombre de fois, nous donne, en effet, l'illusion d'un sourire passer qui éclaire la

M. Estanave utilise un stéréoscope dans lequel un dispositif, facile à installer, obture successivement les deux oculaires. Ce résultat est obtenu, soit au moyen d'une palette basculante, soit au moyen d'une double palette pouvant tourner autour d'un axe, ainsi que l'indiquent nos dessins.

Dans la première méthode, on fixe, en un point C de la paroi intérieure du stéréoscope, un cordon qui passe sur une petite poulie nd, à laquelle il est attaché. Une palette P est solidaire de cette poulie. En m est percée une petite ouverture, par laquelle le fil sort à l'extérieur. On le munit d'un anneau R, qui empêche le fil de glisser dans l'appareil. Lorsque l'on regarde par les oculaires G et D les deux images préparées I₁ I₂ et que l'on manœuvre régulièrement, la palette P obture successivement ces deux oculaires. Les deux impressions lumineuses fournies par les deux photographies se superposent et l'on a l'illusion de voir le sujet prendre deux poses différentes.

Dans la deuxième solution, on manœuvre la double palette p q au moyen du bouton m et le même résultat est obtenu.



STÉRÉOSCOPE MUNI D'UN DOUBLE OBTURATEUR TOURNANT POUR LA VUE DE PHOTOGRAPHIES ANIMÉES

Les photographies à observer peuvent être établies sur plaque ou sur papier, suivant qu'elles doivent être observées par transparence ou par réflexion.

La double photographie ci-contre montre l'exemple

de la personne représentée souriante et sérieuse. En faisant fonctionner la palette obturatrice du stéréoscope, on verra nettement cette personne esquisser un sourire, ce qui donne à l'observateur l'impression de la vie.



DOUBLE PHOTOGRAPHIE PRÉPARÉE POUR RÉALISER UNE VUE ANIMÉE

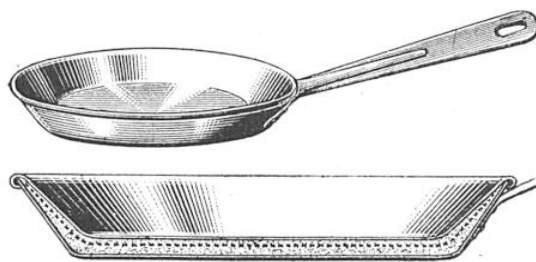
Pour débarrasser rapidement et hygiéniquement les sacs de leurs poussières

DANS les industries qui livrent leurs produits en sacs, il est une opération à laquelle on n'attache pas toujours une importance suffisante et qui, cependant, par suite de la main-d'œuvre qu'elle exige, risque d'augmenter les frais généraux dans des proportions appréciables. C'est l'opération du battage des sacs pour les débarrasser de leurs poussières avant un nouveau remplissage. Il est évident que le battage à la main de milliers de sacs nécessite un temps très long et un personnel assez nombreux. En outre, les ouvriers qui l'effectuent vivent constamment dans une atmosphère chargée de poussières et de germes de maladies.

La machine vient heureusement, encore une fois, en aide au travail manuel. Celle que représente notre photographie, d'une grande simplicité, permet de nettoyer, dans d'excellentes conditions économiques et hygiéniques, quatre-vingts à cent sacs à l'heure.

Le sac étant introduit, sur le devant de la machine, dans une glissière réglable, se trouve soumis à l'action énergique d'un batteur mécanique, qui détache les poussières du tissu. Les poussières ainsi détachées du sac sont immédiatement aspirées par un ventilateur à travers un filtre disposé dans le coffrage et sont recueillies dans un tiroir placé à la partie inférieure de la machine. A la sortie de la batteuse, l'air est donc absolument pur et peut être, sans inconvénient, rejeté dans l'atmosphère, même si le battage est effectué dans un local clos.

Sur le même principe ont été établies des machines plus grandes, destinées au battage des tapis, et des machines de dimensions plus réduites, comportant des battes spéciales plus particulièrement indiquées pour le nettoyage délicat, bien entendu, des fourrures, des vêtements, des tentures, des couvertures, etc.



VUE D'ENSEMBLE ET COUPE DE LA POÊLE A FRIRE INADHÉRENTE

Une poêle à frire à laquelle les aliments n'adhèrent pas

L'EMPLOI de la poêle à frire, si répandu dans les ménages, demande certaines précautions si l'on ne veut pas voir les aliments s'attacher au fond de la poêle et se brûler.

Pour éviter cet inconvénient, M. Victor Mendel a imaginé une poêle à double fond, constituée de la manière suivante. Sur le premier fond, destiné à être en contact avec le feu, est placée une plaque d'amiante recouverte d'une toile métallique et d'une autre plaque d'amiante plus mince. Le tout est recouvert d'une tôle d'aluminium sertie à sa périphérie sur la tôle inférieure de la poêle.

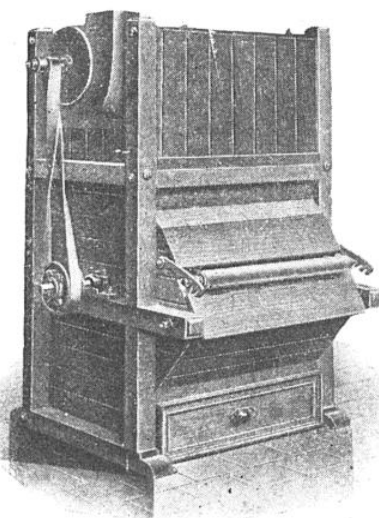
Il est facile de concevoir que ce dispositif modère la cuisson, car la chaleur, répartie sur tout le fond de la poêle, est surtout transmise par les côtés. Protégés ainsi contre le coup de feu, les aliments cuisent régulièrement sans s'attacher au fond.

Nouveau mode de scellement pour fixer solidement des vis, des pitons et des boulons dans les murs

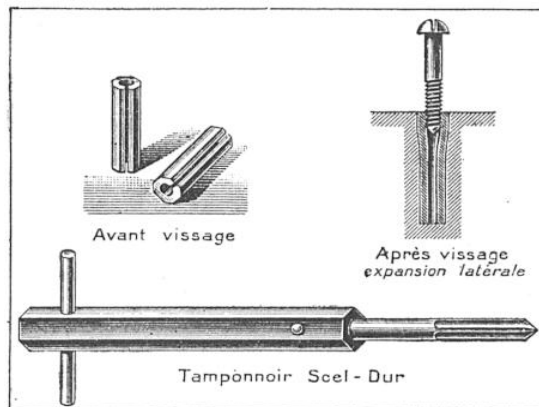
TOUT le monde connaît la difficulté que l'on éprouve pour fixer une vis ou un piton dans un mur ou dans une cloison. Si on rencontre une couche de plâtre, la vis s'enfonce facilement, mais ne tient pas. Si, au contraire, on se trouve en face d'une brique ou d'une pierre, il est impossible de faire pénétrer la vis. On a alors recours à des tampons, ou chevilles, généralement en bois, et que l'on enfonce à force dans un trou ménagé avec un outil. Il est inutile d'insister sur les dégradations ainsi apportées au mur. Le plus grave est que,

en séchant, le bois se contracte et que, au bout d'un certain temps, la cheville tombe.

Nous avons déjà eu l'occasion de décrire des chevilles spéciales facilitant ce travail. Signalons, aujourd'hui, le système imaginé



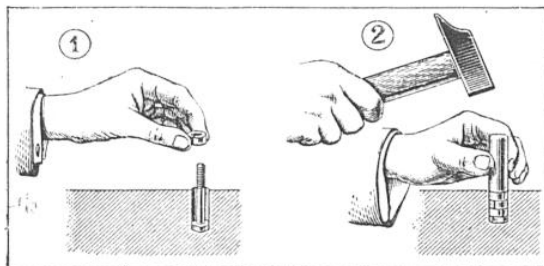
LA MACHINE A NETTOYER LES SACS



LORSQUE LA CHEVILLE MALLÉABLE EST PLACÉE DANS LE MUR, GRACE AU TROU PRATiqué AVEC LE TAMPONNOIR, LA VIS QUE L'ON Y FAIT PÉNÉTRER OBLIGE LA CHEVILLE À S'ÉCARTER ET À ADHÉRER AU MUR D'UNE FAÇON PARFAITE

par M. Prost. Le tampon qu'il a conçu est un petit cylindre creux en métal malléable et fendu sur toute sa longueur. Sa dimension varie, bien entendu, suivant le diamètre de la vis ou du piton que l'on veut placer.

Pour poser ce tampon, il suffit de percer, dans le mur ou la cloison, un trou d'un diamètre égal au sien, ce qui se fait très aisément au moyen du tamponnoir représenté sur notre dessin. On enfonce le tampon dans son logement, au besoin en le frappant légèrement avec un marteau, on graisse la vis et on visse celle-ci dans l'axe du tampon. Sous sa poussée, le métal s'écarte latéralement contre les parois du trou et en épouse toutes les rugosités. Il en résulte une adhérence parfaite. La vis est alors pratiquement inébranlable. En outre, le filet de la vis s'étant imprimé à l'intérieur du tampon, on peut la dévisser si elle n'a plus d'utilité, et, au bout d'un temps quelconque, on pourra la replacer immédiatement. Le tampon étant métallique n'est pas sensible à l'humidité ou la sécheresse.



COMMENT, AU MOYEN DE BAGUES SPÉCIALES, ON PEUT SCELLER UN BOULON DANS UNE PAROI 1, on enfle la bague sur le boulon ; 2, on écrase les bagues successives en frappant avec un marteau sur l'outil spécial.

M. Prost a également imaginé un dispositif simple pour sceller un boulon dans un mur. Après avoir pratiqué dans le mur un trou d'un diamètre égal à celui de la tête du boulon, on met celui-ci en place, la tête au fond du trou. On enfle alors sur le boulon une bague spéciale et, au moyen d'un marteau et d'un marteau, on écrase cette bague. On place ainsi autant de bagues qu'il est nécessaire pour arriver au sommet du trou. Le scellement du boulon ainsi obtenu est d'une très grande solidité.

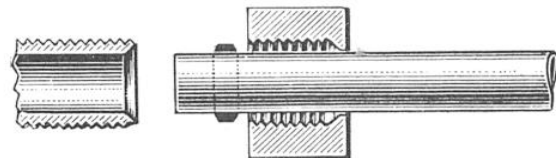
Pour raccorder instantanément les tuyaux de plomb

L'INSTALLATION d'une tuyauterie dans un appartement présente certaines difficultés, dont la plus grande est, sans nul doute, l'obligation d'effectuer des soudures pour raccorder entre elles les différentes sections de tuyaux. Généralement, cette opération exige la présence d'un ouvrier, ce qui augmente les frais d'installation.

Voulant faciliter ces raccords, M. Prost a pensé qu'il serait possible d'assurer l'étanchéité du raccord en utilisant un joint métal-



LA RONDELLE



LE TUYAU À RACCORDER MUNI DE SA RONDELLE

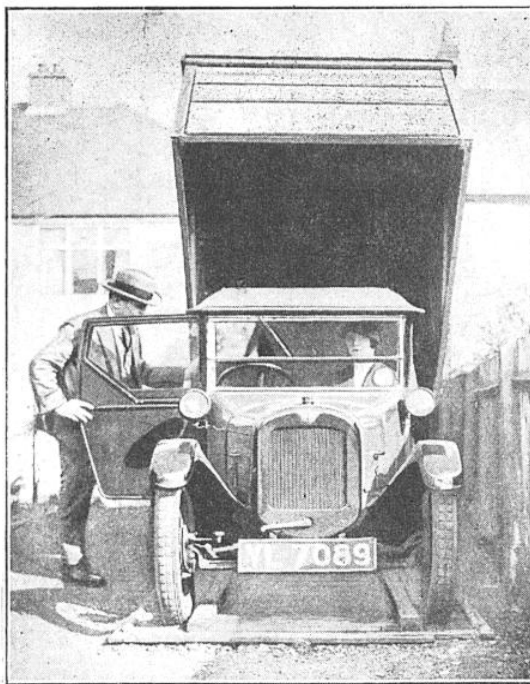
lique spécial. Il a donc imaginé d'enfiler sur le tuyau à raccorder une bague en métal malléable spécial présentant la forme ci-contre. Il est facile de voir comment cette bague va jouer le rôle de joint étanche.

Lorsque l'on visse l'écrou sur la partie filetée terminant toujours le tube rattaché à l'appareil que l'on désire alimenter (lavabo, etc...), la bague se trouve fortement serrée entre le tube et le fond de l'écrou qui portent deux parties coniques. L'écrasement de la bague suffit pour assurer un joint absolument étanche.

Un garage original pour les automobiles

ON s' imagine généralement qu'il est nécessaire de disposer d'un vaste emplacement pour mettre à l'abri une voiture automobile. Il est certain que si l'on désire installer sous le même abri un atelier de réparations, l'espace ne peut être mesuré : un petit hangar devient alors indispensable.

Ce n'est pas toujours le cas. Souvent, on s'arrête seulement deux ou trois jours dans un pied-à-terre qui ne comporte aucun remisage. Il est très désagréable de laisser sa voiture en plein air, même recouverte d'une bâche. Une bonne solution, en la circonstance, est de fabriquer soi-même, ou de faire construire par le premier menuisier venu, une caisse en bois capable de recouvrir la voiture entièrement. Cette caisse sera constituée par un couvercle qui formera un plancher sur lequel la voiture viendra se reposer, la caisse étant elle-même relevée, comme le montre notre photographie, pour permettre à la voiture de venir prendre place sous l'abri ou pour en sortir. On pourrait également constituer la caisse-abri par quatre côtés mobiles autour de la base et un couvercle se repliant en deux parties, par exemple, sur l'un des côtés. L'une et l'autre solutions sont très pratiques et permettent



UNE GRANDE CAISSE, FACILE A RELEVER, SUFFIT POUR METTRE UNE VOITURE A L'ABRI

d'abriter la voiture à un endroit quelconque, pourvu qu'il y ait l'espace suffisant. On s'évite ainsi, à bon compte, l'ennui de laisser la voiture exposée aux intempéries.

Il suffit en effet, de recouvrir la caisse au moyen de papier goudronné, facile à se procurer et d'un prix abordable, pour soustraire l'automobile aux effets de la pluie et protéger également la caisse.

Adresses utiles pour les « A côté de la Science »

Photographies animées : ESTANAVE, secrétaire de la Faculté des Sciences de Marseille.

Machine à nettoyer les sacs : S. NIESTLÉ, 19, rue de Toul, Paris (12^e).

Poêle à frire inadhérente : VICTOR MENDEL, 29, rue Vineuse, Paris (16^e).

Nouveau mode de scellement : AL. PROST, 102, boulevard Beaumarchais, Paris (11^e).

Pour raccorder les tuyaux de plomb : AL. PROST, 102, boul. Beaumarchais, Paris (11^e).

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

Pour contribuer à accentuer, même par un sacrifice, la baisse générale déjà constatée, le prix du numéro de « LA SCIENCE ET LA VIE », primitivement fixé à **5 francs**, est ramené à **4 francs** à partir de la présente livraison de Janvier 1927. En conséquence, le tarif des abonnements en vigueur est le suivant :

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 45 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 55 fr.
	{ 6 mois... 23 —		{ 6 mois... 28 —

ÉTRANGER. — Tarif A

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an.... 80 fr.	Envois recommandés	{ 1 an... 100 fr.
	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois.. 50 —

ÉTRANGER. — Tarif B

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 70 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 90 fr.
	{ 6 mois.. 36 —		{ 6 mois... 45 —

Les abonnés qui auront adressé à « LA SCIENCE ET LA VIE », 13, rue d'Enghien, Paris-10^e, des souscriptions d'un prix supérieur au tarif ci-dessus, auront leur abonnement prolongé au prorata de la somme adressée en trop.

CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Le Gérant : Lucien Josse.

Paris. — Imp. HÉMERY, 18, rue d'Enghien.