Avec les

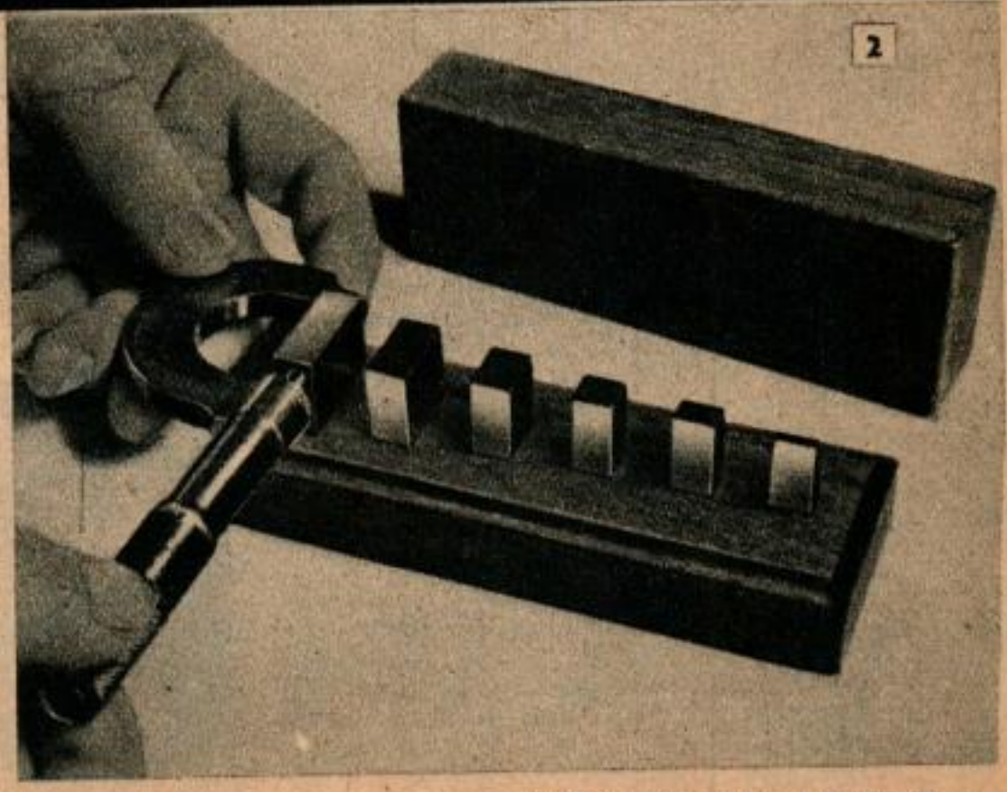
# CALIBRES

sur le **chemin**

de la **perfection**

1

Les compas de calibre sont des outils de précision entre les mains d'un mécanicien habile. En voici un que l'on règle sur un ensemble de blocs calibrés.



2

Spécialement construit pour les micromètres, cet ensemble de blocs calibrés fournit des vérifications à chaque point de la graduation.

VOTRE famille dans une grande excitation, s'empile dans la voiture et vous dirigez le bouchon du radiateur vers l'horizon bleu. Vous appuyez sur l'accélérateur, vous êtes bien sûr d'avoir devant vous un grand voyage. Un énorme avion ronfle sur l'aéroport et s'élance vers l'est. Les passagers sont tranquilles, sachant bien que ce soir il dîneront à Londres. Les turbines à vapeur ronflent et font tourner les alternateurs qui vous fournissent l'électricité. Les appareils de mesure sur le tableau de commande indiquent le courant fourni, et leurs aiguilles sont aussi fixes que si elles étaient collées sur leur cadran. La machine frigorifique électrique marche des années sans arrêt et personne ne s'en occupe jamais.

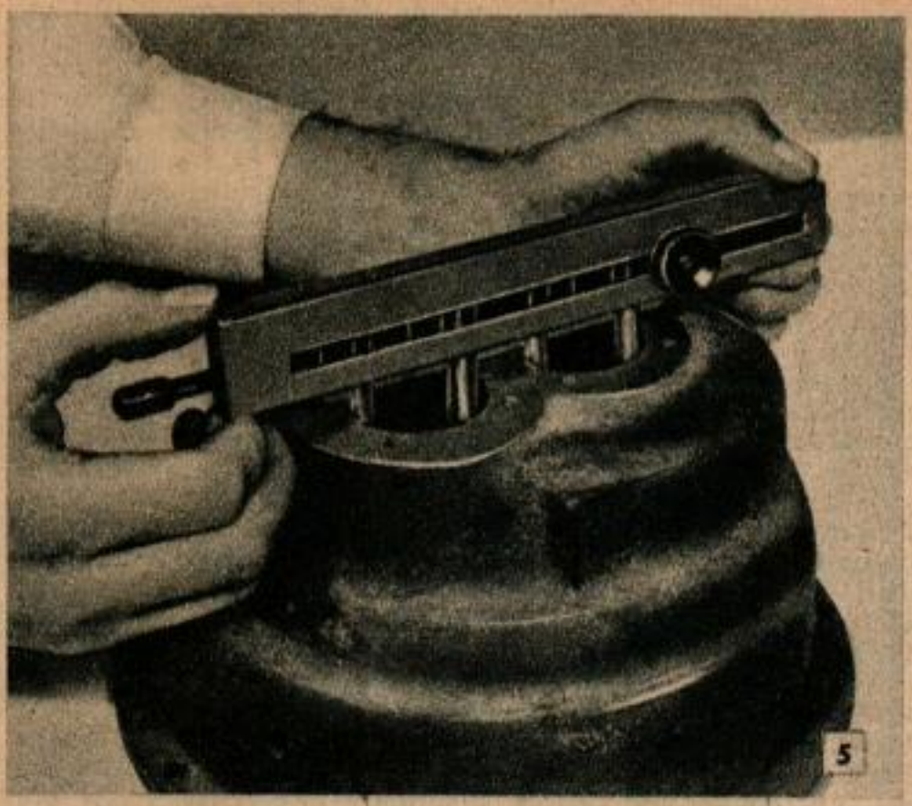
Il s'est passé quelque chose d'étrange et de remarquable. Les appareils sont moins souvent en dérangement qu'autrefois. Il n'y a pas si longtemps que cela, l'automobiliste moyen s'estimait heureux si sa voiture marchait une semaine sans tomber en panne. Un voyage de 1 500 km était le bout du monde. Il n'y a que 21 ans que les avions ont commencé à traverser l'Atlantique et 10 seulement qu'ils le font avec une certaine sécurité. Les constructeurs d'appareils frigorifiques précisaient qu'ils utilisaient un gaz inoffensif et sans odeur. Une fois par an ou plus souvent peut-être, un employé venait remplacer le gaz qui s'était échappé. Les temps ont changé.

Il y a un certain nombre de facteurs qui en sont cause; mais ce sont tous des facteurs secondaires vis-à-vis de l'utilisation internationale des blocs Johansson comme unité de mesure. Pendant la première guerre mondiale, c'était une nouveauté plus ou moins ignorée des industriels et qu'utilisait seulement le mécanicien sérieux qui en avait acheté un jeu de sa poche et le ramenait chez lui chaque soir. Pendant la deuxième guerre mondiale, le gouvernement spécifia aux constructeurs que, non seulement ils devaient avoir des blocs Johansson, mais qu'ils devaient aussi s'en servir.

Cet ultimatum fit sourire les chefs des grandes industries-clés, parce qu'ils avaient appris de dure façon qu'il n'y a pas de raccourci pour arriver à la perfection. La concurrence avait depuis longtemps forcé la décision. D'autres grognèrent longtemps et vigoureusement contre la terrible dépense. Ils achetèrent cependant les blocs et s'en servirent. A peine eut-on dépouillé les rapports de production du premier mois après le changement, que l'étonnement leur fit lever les sourcils et les suffoqua. L'amélioration de la qualité et la diminution des rebuts avaient rapidement payé les blocs.

Un bloc Johansson n'est qu'un lingot d'acier inoffensif. Il est lisse et finement poli. Ce qui a de la valeur, ce n'est pas le bloc lui-même, mais ce qu'il donne. Il résout la question si souvent discutée : « Quelle est la longueur d'un centimètre? » La longueur d'un centimètre est d'importance vitale pour l'industrie moderne. Dans un atelier, supposons qu'il y ait 3 règles d'acier de 30 cm chacune. Elles sont de qualité supérieure et supposées être précises. Elles le sont pour les mesures ordinaires, mais sur la règle n° 1, le troisième centimètre est plus court que les autres de 3/1000. Ceci signifie que toute mesure au delà de 2 cm est fausse. La règle n° 2 est très légèrement incurvée ; ce qui ne donne pas d'erreur quand on prend chaque cm séparément, mais elle a néanmoins une erreur totale de 5/100 de cm. La règle n° 3 est précise. Qu'arrivera-t-il, si trois mécaniciens utilisent ces règles pour ajuster leur compas calibre pour tourner 3 pièces d'un mécanisme? Les pièces n'iront pas ensemble et devront être reprises à la main. On accuse tout sauf les règles, mais cela ne paie pas le temps perdu.

**A gauche, un bloc calibré terminé, est vérifié côte à côte avec un bloc étalon entre des lames optiques. Ci-dessus, vérification du diamètre d'une bille de roulement par le même système. Les lignes sur le bloc précisent le diamètre.**



Les blocs insérés dans un support font un calibre pour mesurer, en cours de fabrication, les diamètres intérieurs.

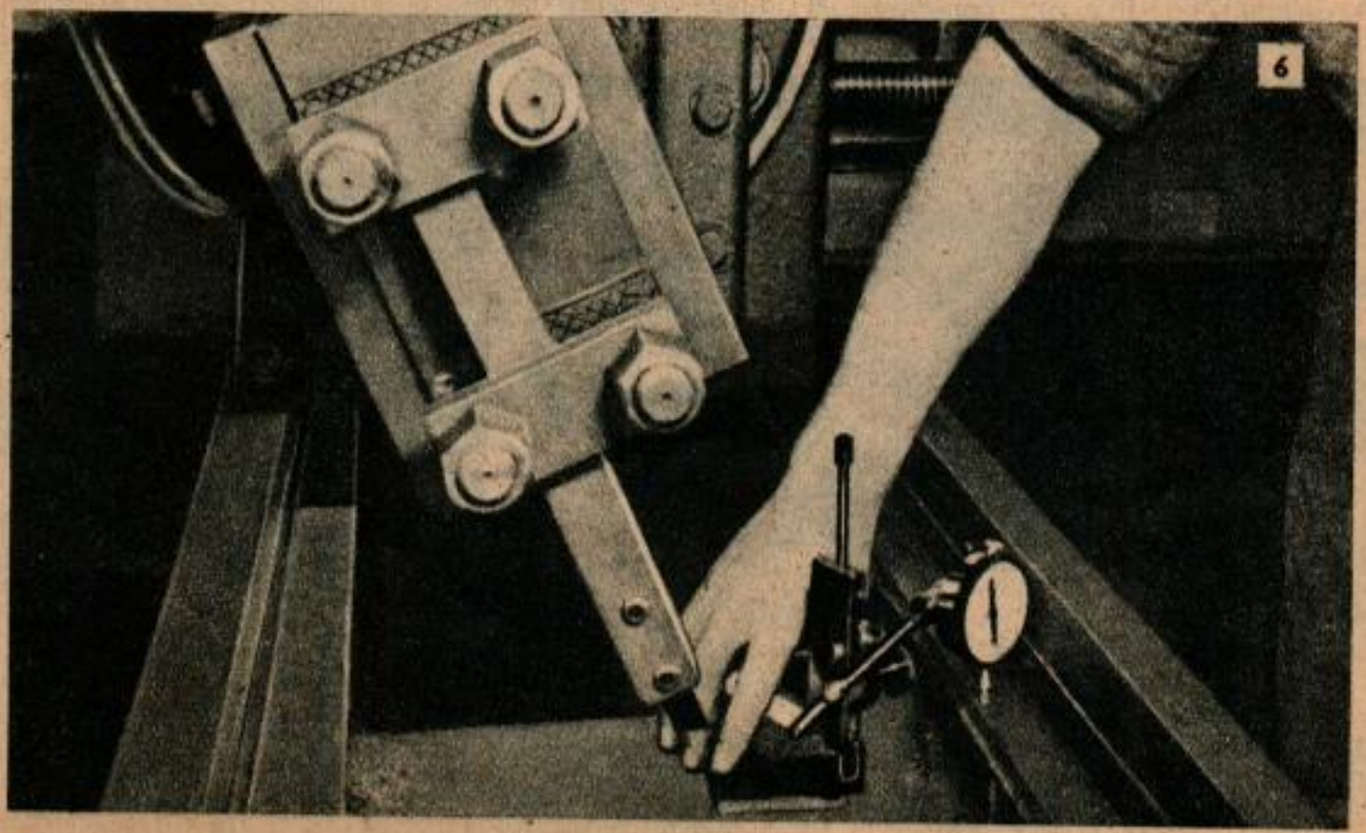
Ceci n'est qu'un exemple élémentaire de ce qu'une variation sur les longueurs étalons peut entraîner dans l'industrie de précision. Les mêmes raisonnements peuvent s'appliquer aux micromètres comparateurs et aux appareils de mesure plus complexes.

La longueur d'un pouce par exemple, jusqu'à ces temps derniers n'avait jamais été vraiment standardisée. C'était à l'origine le douzième du pied royal. Puis la longueur totale de grains placés bout à bout. La reine Elisabeth arrêta toute cette sottise en faisant graver une barre de métal de un yard divisée en 36 parties égales. Tout alla bien jusqu'à ce que l'on découvrit que sous l'action du froid et du chaud, le métal s'allongeait ou se contractait. L'astronomie et l'optique vinrent alors au secours. Les ondes monochromatiques lumineuses ont une longueur d'onde constante. Pourquoi ne pas utiliser la lumière comme étalon? Ceci fut fait et 39 450,3 longueurs d'onde du cadmium forment actuellement un pouce.

Les gouvernements des Etats-Unis et de Grande Bretagne firent un pouce étalon à la disposition de ceux qui le demandaient. La France fit de même avec le mètre étalon. Disons incidemment que la longueur du pouce est en relation avec le centimètre français de sorte qu'il n'y ait pas de discussion. Ce fut un Suédois, C. E. Johansson, qui, le premier, fit un centimètre étalon pour celui qui en avait le plus besoin : le mécanicien. Il mit au point une technique pour stabiliser l'acier de telle sorte que sa tendance à se dilater à la chaleur soit réduite.

Il se servit ensuite des ondes lumineuses pour vérifier sa pièce. Son bloc de 1 cm avait

Les jauges à cadran, sont plus faciles à lire que les micromètres, mais elles sont inutiles, tant qu'elles n'ont pas été étalonnées avec des blocs calibrés.



exactement 1 cm à une longueur d'onde près. Cela fit un peu sensation, mais rien d'important ne se produisit avant que Henry Ford, qui cherchait justement un dispositif analogue, en eut pris connaissance. Il fit venir Johansson et son outillage en Amérique. Le reste est de l'histoire. Ford prit le pas sur tous ses concurrents et chacun dut acheter des blocs Johansson ou se retirer des affaires.

La demande des blocs calibrés augmenta si rapidement, quand le pays s'équipa au moment de la deuxième guerre mondiale, qu'une douzaine de firmes en prirent la fourniture à leur compte. L'utilisation de ces blocs est la simplicité même. Les blocs se trouvent en pouces multiples et en fractions décimales. Pratiquement le plus gros bloc est de 4 pouces et le plus petit de 1/100 de pouce; ce qui représente une simple pellicule d'acier. Les surfaces de mesure sont si lisses que les blocs se collent l'une à l'autre quand on les serre. On peut ainsi monter et manipuler un assemblage de blocs comme une seule pièce. Il faut d'ailleurs un sérieux effort pour les séparer.

Les compas calibrés ont été utilisés par les bâtisseurs des Pyramides d'Egypte et par presque tout le monde depuis. Malgré leur simplicité, ils peuvent, dans les mains d'un mécanicien habile, mesurer le 1/100 de mm. Ils se règlent généralement sur une règle d'acier, mais en assemblant des blocs calibrés (fig. 1) on obtient plus vite et plus facilement une dimension précise.

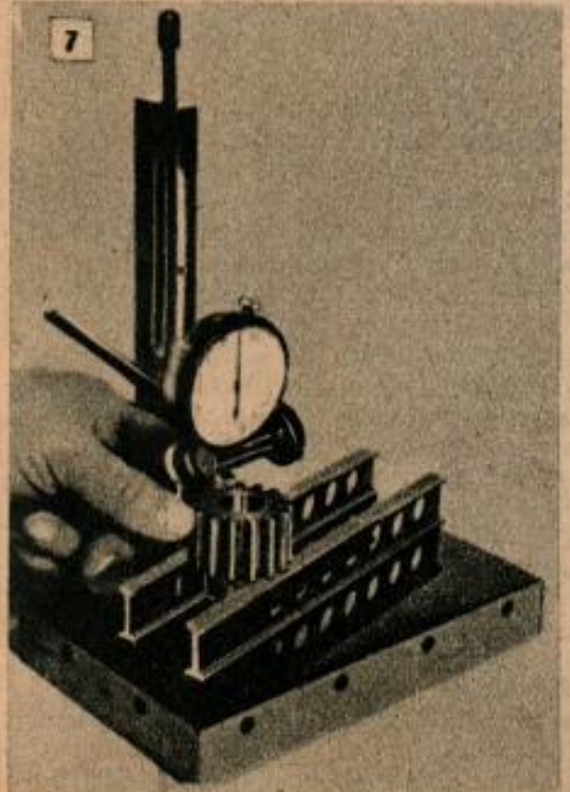
Un micromètre porte avec lui son propre calibrage et il suffit de le vérifier périodiquement avec un étalon. Le ressort ou le filetage de ces instruments est parfois une cause d'erreur. Les lectures faites sur le micromètre seront justes jusqu'à un certain point, mais à partir de là, elles peuvent se fausser rapidement. Un ensemble ingénieux de blocs calibrés a été étudié pour vérifier les micromètres (photo 2). Les lectures sont faites à partir du mm jusqu'au cm. S'il existe des erreurs, elles apparaîtront nécessairement.

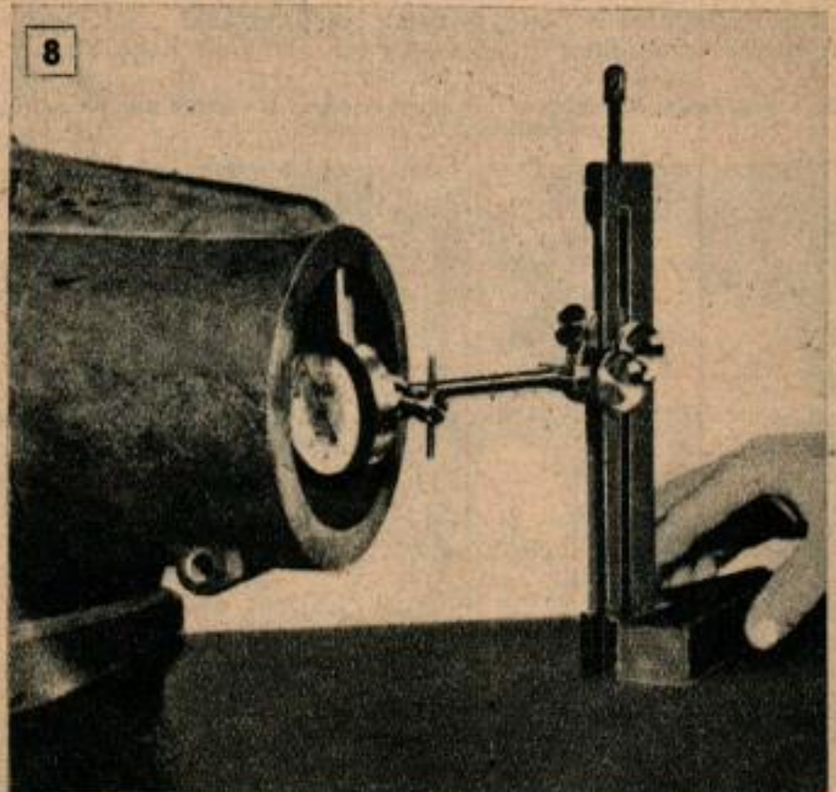
Des inspecteurs, chargés dans une grande usine de contrôler la qualité, s'aperçurent que 20 % seulement des micromètres utilisés par la société étaient exacts. Ils organisèrent un service dans l'usine même, chargé de vérifier en fin de semaine tous les micromètres, de les régler ou de les réparer et le pourcentage des pertes diminua de moitié.

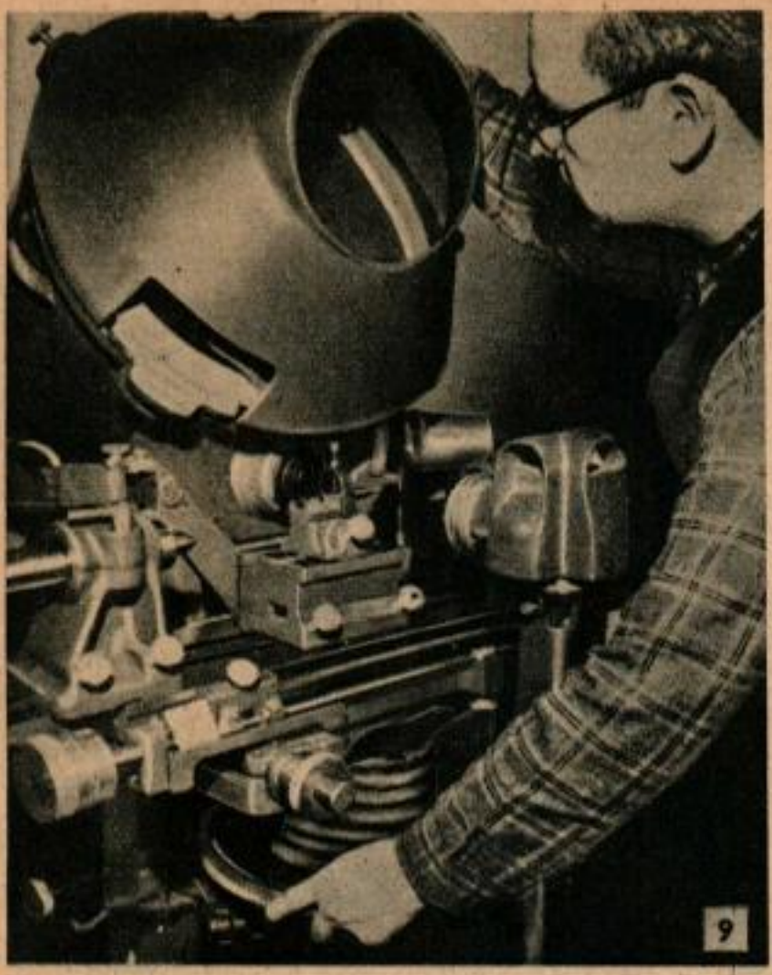
La fabrication de blocs calibrés ressort d'un travail de précision, hautement spécialisé. Il comprend la taille et le meulage des ébauches à des dimensions données, puis un long processus de stabilisation. Les formes sont placées dans un panier en fil de fer, chauffées à 100° puis enfermées dans un frigorifique dont la température descend à — 100°. Recouvertes de givre, elles sont chauffées à nouveau à 100°, puis refroidies jusqu'à ce que les molécules de métal restent définitivement passives. A partir de ce moment-là, aucune variation normale de température ne risquera de modifier les dimensions des blocs. Ils sont ensuite abandonnés pour reprendre la température ambiante, puis meulés aux dimensions finales et rodés.

Le rodage est le stade qui transforme l'ébauche d'acier en un bloc calibre. Soixante-quatre formes sont placées dans les fentes d'un disque tournant. Les faces inférieures des blocs reposent sur une plaque de rodage. Une autre plaque libre est abaissée jusqu'à toucher les faces supérieures des blocs. Le disque support est en rotation lente et les soixante-quatre

**A gauche, vérification d'un engrenage droit avec un calibre à cadran. A droite, ce calibre donne simultanément plusieurs cotes d'alésage.**





Le comparateur optique projette sur l'écran une image agrandie de la pièce.

blocs sont pressés, polis, raclés et lissés jusqu'à ce que les deux surfaces soient absolument parallèles et brillantes comme un miroir. Le travail est fait dans une pièce sans poussière et climatisée.

Chaque tour de l'appareil réduit le diamètre des blocs d'un millionième de pouce. Ils sont périodiquement retirés, mesurés et remis en place. L'appareil peut tourner un certain nombre de fois, faire un seul tour ou même un quart de tour. Si le bloc est trop grand, il est toujours possible de retirer du métal. S'il est trop petit tout ce qu'on peut faire est de le réduire à la taille en-dessous.

Ensuite vient le calibrage avec un étalon (photo 3). Ceci nécessite des lames optiques qui sont des plaques de verre ou de quartz meulées et polies jusqu'à être absolument planes. La lumière d'une source monochromatique, une lampe à vapeur de cadmium donnant une lumière orange, est dirigée sur les lames. Puis un bloc étalon garanti par le « Bureau des Standards » à Washington est pressé contre la lame inférieure. On pose à côté le bloc à calibrer. La lame supérieure est placée sur les deux blocs. La lumière passant au travers et se réfléchissant sur les deux blocs donne un ensemble brillant de lignes lumineuses et de lignes sombres. La mesure est donnée par la position de ces lignes. Les lignes sombres sont des lignes d'interférence produites par l'opposition de phases entre la lumière réfléchie par la surface inférieure et celle réfléchie sur les blocs. Chaque ligne noire indique une distance verticale égale à une ½ longueur d'onde. S'il y a une bande noire, la différence de hauteur entre les deux blocs est de 11 millionièmes de pouce. S'il y en a deux, cette différence est de 22 millionièmes. Si les 2 blocs sont identiques, il n'y a pas de bande noire, mais des lignes droites de couleur brillante. Si ces lignes sont incurvées, cela signifie que le bloc lui-même est incurvé. S'il y a des spires ou des yeux, c'est qu'il existe un point haut ou un point bas. Les blocs présentant des irrégularités qui persistent sont réduits en morceaux plus petits. Avec une paire de lames optiques, n'importe qui peut déceler des irrégularités de surface de l'ordre de 1 millionième de centimètre. Si l'on représente un cm par un bâtiment de 8 étages, une telle irrégularité serait représentée par l'épaisseur de cette page de revue.

Ce comparateur à faisceaux lumineux indique les cotes par un spot brillant sur le cadran.

L'emploi des lames optiques ne se limite pas au calibrage des blocs. Elles peuvent servir directement dans l'industrie à mesurer l'usure d'un calibre mâle et à assortir le diamètre des billes de roulement (photo 4). A noter que les lignes colorées sont si brillantes qu'elles ont pu être photographiées. C'est aux lames optiques que l'on doit la perfection obtenue dans les joints des machines frigorifiques et le taux de compression élevé des moteurs Diesel. Les surfaces de roulement et l'étanchéité à la pression sont vérifiées directement à la construction au moyen de lames optiques.

Les constructeurs de matériel de précision depuis la construction des trains d'enfants jusqu'à celle des locomotives, depuis, aussi, celle des aspira-

teurs jusqu'à celle des avions usent une grande quantité de matériel de calibrage. En disant « usent » il faut comprendre une consommation réelle et non pas seulement une simple utilisation. Prenons le cas des calibres mâles par exemple. Chaque calibre est rodé jusqu'à une tolérance très minime. Quand les mécaniciens ou les vérificateurs les auront enfoncés dans une cinquantaine ou une centaine de trous, une certaine usure se produit. Les calibres sont périodiquement rassemblés et mesurés par le service de vérification. Les calibres rebutés sont meulés à la taille immédiatement inférieure. Ceci semble à première vue une énorme perte de matériel coûteux, mais une pièce ratée à la construction équivaut souvent au prix de milliers de calibres. L'industrie moderne ne peut courir ce risque. Les blocs Johansson ne servent pas seulement à régler les instruments et à vérifier les autres calibres, mais aussi à servir de calibres à la fabrication. Quand il s'agit de mesurer un dispositif spécial ou de vérifier une fabrication peu importante en nombre et quand le temps ou les circonstances ne permettent pas de se procurer un calibre spécial, les blocs peuvent être placés sur un support spécial entre des tiges calibrées de diamètre connu (photo 5).

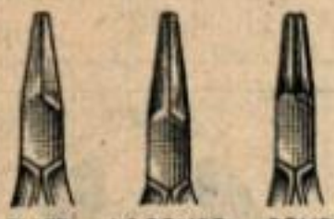
L'ensemble devient un calibre — ressort improvisé, un gabarit d'encombrement maximum, un calibre mâle ou tout autre combinaison. Il est souvent difficile de lire un micromètre dans la position de mesure. Pour surmonter cette difficulté, des calibres à cadrans ont été étudiés (photo 6). Dans ce cas, le cadran est sans utilité. L'échelle est mise à zéro avec l'aiguille du cadran réglée à la valeur voulue par des blocs calibrés; ceci permet de lire d'un seul coup d'œil ce qui reste à enlever pour que la pièce soit dans les limites.

(Suite page 138)

**Ce comparateur électrique fonctionne comme un bras de pick-up. Son aiguille sensible réagit à des pressions infinitésimales.**

**Ci-dessous, un séparateur électrique enlève les mauvaises pièces à mesure que l'opératrice les verse dans la trémie, à raison de 10 000 à l'heure.**

4 PINCES
indispensables
AU BRICOLEUR
COMME A L'ARTISAN




COUPANTE

La pince coupante seule, entièrem. polie 650.
Les 3 autres pinces sablées-nickel., ensemb. 1150.
Les 4 pinces, ensemb. 1650.
(Franco contre remboursement)

BAUDOUIN & Cie, 80, Bd Haussmann, Paris-8e

Achetez aujourd'hui le POSTE de DEMAIN
THE NEW
PACIFIC 6

Qualité américaine
Conditions spéciales pour JANVIER
Garantie intégrale
Demandez dès maintenant le catalogue des nouveautés 1949
Expédition France et Colonies
USINE PACIFIC à PARIS
26bis, rue Planchat - PARIS (20e)
Quelques bonnes agences encore disponibles

## Avec les calibres sur le chemin de la perfection

(Suite de la page 39)

L'imagination des mécaniciens est sans bornes et pour peu qu'ils soient habiles, ils peuvent improviser un dispositif adapté aux besoins. C'est le cas par exemple du dispositif à mesurer des engrenages droits représentés sur la photo 7 et qui est fait d'une planche d'établi, de deux supports parallèles, d'une jauge à cadran et d'un dispositif de fixation. De même l'appareil de la photo 8 permet de mesurer à la fois la hauteur de l'alésage au-dessus de la base, son diamètre et le cas échéant son parallélisme avec la base. Quand on fait des mesures de contrôle en série, il est pratique d'avoir des instruments spéciaux, tel le comparateur optique (photo 9) qui projette sur un écran une silhouette agrandie que l'on compare à un dessin de référence tracé sur l'écran. L'utilisation de blocs calibrés permet d'obtenir des pièces standards.

Le comparateur à faisceau lumineux accélère les opérations et diminue la fatigue. L'aiguille est remplacée par un point lumineux.

Le comparateur électromagnétique (photo 11) est basé sur le principe du pick-up. La pression d'un plongeur déplace une aiguille très sensible et peut servir pour les feuilles d'étain, les fils et autres matériaux qui seraient écrasés par des méthodes différentes. Il ressemble un peu au comparateur à faisceau lumineux, mais il peut être utilisé dans n'importe quelle position et pour mesurer n'importe quoi.

A partir de là, les autres appareils de mesure stupéfient l'imagination. Des appareils électroniques servent à mesurer le 1/100 de micron à raison de 10 000 mesures par heure, plus vite que ne le ferait l'opérateur le plus qualifié. Il suffit de placer les pièces dans une trémie et la machine va toute seule.

Le séparateur électronique parvient à un résultat, jamais obtenu jusque là. Il suffit d'y placer une série de vis, de roulements à billes, d'isolateurs de bougies et d'autres articles. Il les trie après inspection complète en bons et mauvais, en trop grands ou trop petits, ou les classe par taille en 5 groupes ou plus, et cela aussi vite, sinon plus, que les machines automatiques qui déoitent les pièces.

Avec les anciennes méthodes de contrôle, il pouvait arriver, par suite d'un incident mécanique de la machine, que mille pièces mauvaises ou davantage peut-être, passent avant que l'on ne se soit aperçu du dérangement. Il fallait alors tout reprendre ou tout jeter, ce qui allait plus vite. Actuellement, à mesure que les pièces sortent, elles sont dégraissées et le séparateur les classe et les vérifie. Dès que des

pièces mauvaises arrivent à passer, une cloche sonne et tout s'arrête.

L'appareil est un oscillateur H.F. sur 30 mégacycles alimentant un pont équilibré. Une branche du pont est constituée par un condensateur véritable qui sert à la mesure, cependant que dans l'autre, des thyratrons commandent le mécanisme de distribution.

A l'arrivée de chaque pièce, un déséquilibre du pont fait marcher un thyratron, qui ouvre la trappe par où tombe la pièce. L'opérateur place les pièces dans l'appareil de mesure et ne s'en occupe plus. Elles tombent ensuite sur des plateaux suspendus en dessous.

Au début, le séparateur est calibré comme les autres appareils avec des blocs. Quand l'appareil va trop vite pour être alimenté à la main, l'installation de la figure 12 avec trémie et piston plongeur accélère les opérations. Un moteur électrique entraîne l'appareil et la seule responsabilité de l'opérateur est de garder la trémie pleine. On fait de fréquentes vérifications de l'instrument au moyen de blocs calibrés. L'usure est d'ailleurs réduite par l'emploi de diamant et d'acier dur pour les mâchoires du calibre. Le nombre d'appareils de mesure et de contrôle actuellement en service fait ressortir les améliorations apportées. Les temps où un mécanicien pouvait tout faire seul, ne sont plus. Son travail était certes du beau travail, mais s'il y a encore de nos jours des moteurs Rolls-Royce montés à la main et qui fonctionnent, la qualité des voitures et la quantité sont des questions primordiales. Elles exigent que les machines remplacent maintenant les hommes. Pour cela il faut un standard et ce standard, c'est le bloc calibré.

**UN RECEPTEUR SUPERHETERODYNE**

**T.S.F.** COMPLET et gratuit est construit **comme avant guerre** par nos élèves Radiotechniciens sans aucune difficulté grâce à notre inégalable méthode américaine, avec des pièces ultra-modernes, lampes et haut-parleur dans une ébénisterie luxueuse que nous sommes **les seuls** à fournir avec le cours C. M. D. A. et qui resteront la propriété des élèves dont 95 °/₀ sont diplômés en un temps record.

**RADIO, ÉLECTRICITÉ, DESSIN ÉLECTRO-MÉCANIQUE AUTOMOBILE**

Emplois stables, bien rémunérés, civils et de l'État.

**COURS DIVERS:**

Du débutant au sous-ingénieur, simples, raisonnés, efficaces, établis par de vrais ingénieurs et professeurs de l'enseignement officiel. Notre importante documentation N° 41 véritable guide professionnel vous sera envoyée gratuitement, ainsi que la liste des livres techniques demandés à

**ECOLE PROFESSIONNELLE NATIONALE**

Technique et pratique par correspondance

104, Bd Malesherbes - PARIS - Bd Malesherbes, 104