

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 70 (1944)
Heft: 5

Artikel: Procédés métrologiques utilisés sur les machines à pointer
Autor: Mottu, André
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-53239>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs

Etranger : 16 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs

Etranger : 13.50 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements

s'adresser à la librairie

F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : † M. IMER, à Genève ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre

(larg. 47 mm.) 20 cts.

Tarif spécial pour fractions de pages.

En plus 20 % de majoration de guerre.

Rabais pour annonces répétées.



ANNONCES-SUISSES S.A.

5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte.

SOMMAIRE : *Procédés métrologiques utilisés sur les machines à pointer*, par ANDRÉ MOTTU, ingénieur à la Société genevoise d'instruments de physique. — *Société genevoise des ingénieurs et des architectes*. — BIBLIOGRAPHIE. — COMMUNIQUÉS. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION.

Procédés métrologiques utilisés sur les machines à pointer

par ANDRÉ MOTTU, ingénieur à la Société genevoise
d'Instruments de physique.

Introduction.

Toute pièce mécanique doit être usinée par rapport à des bases ou des axes servant de référence pour les opérations qu'elle devra subir. Pour procéder de façon économique à son usinage, particulièrement lorsqu'on travaille des pièces volumineuses ou s'il s'agit d'un exemplaire unique, il faut déterminer de façon précise la position de l'outil par rapport à ces bases ou axes de référence. On utilise sur presque toutes les machines-outils des systèmes de mesure plus ou moins perfectionnés, rectilignes ou polaires, qui permettent cette détermination, soit à l'aide d'un repérage préliminaire, soit directement. Ces deux méthodes peuvent être illustrées par des exemples types :

La première, soit celle de la *détermination par repérage préliminaire*, est représentée par la succession des opérations qu'exécute un ouvrier chargé de tourner une pièce à un diamètre fixé. En effet, il s'agit pour lui de déterminer la position du burin par rapport à l'axe des pointes du tour, et comme cette distance est matériellement très difficile à mesurer, il commencera par ébaucher la pièce à une cote en tous cas supérieure à celle du diamètre final, puis il la mesure, et sur la base de la dimension mesurée, avance l'outil de la quantité nécessaire pour obtenir le diamètre exact de la pièce finie ; il contrôle la profondeur de l'avance par des moyens divers, angle de rotation de la vis provoquant l'avance de l'outil, comparateur, jauges, etc. Dans cette façon de procéder, l'ouvrier fait une mesure préliminaire sur la pièce ébauchée, et ce n'est qu'après ce travail qu'il peut

déterminer la profondeur de l'avance à donner à l'outil. La méthode se base sur un repérage préalable de la dimension de la pièce. S'il n'a pas le moyen de mesurer le déplacement de son chariot, il doit avancer son outil par tâtonnements successifs ; il n'obtiendra le diamètre exact qu'après un certain nombre d'essais qui provoquent une perte de temps importante.

La seconde méthode, celle de la *détermination directe*, est celle qu'utilise le même tourneur pour l'exécution de portées successives dans la pièce cylindrique qu'il usine. Après avoir affranchi l'une des extrémités qui lui sert de base de référence, il déplace le chariot longitudinalement de la quantité fixée par le dessin. Il ne fera pas d'ébauche suivie d'une mesure, car il a la possibilité d'usiner directement sa pièce, la base de référence étant exécutée comme première opération.

Le degré de précision que l'on peut atteindre est déterminé, d'une part par le choix de la méthode de mesure, d'autre part par la rigidité des constructions, la précision de leur exécution et la conception plus ou moins rationnelle de la machine. Il est évident que pour un tour, par exemple, la conception idéale voudrait que la vis-mère soit placée dans le prolongement de la pièce que l'on usine, afin de réduire au minimum les effets d'une glissière mal ajustée. Cette réalisation est matériellement impossible ; toutefois, plus la vis-mère sera proche de la pièce, moins grandes seront les erreurs dues à la distance de l'outil à l'organe qui le mène.

* * *

La machine à pointer, qui, dans ses réalisations actuelles, devrait porter le nom d'aléuseuse verticale de haute précision, comporte les systèmes de mesure les plus précis appliqués aux machines-outils. En effet, elle doit être capable de forer des trous exactement à la place où ils doivent se trouver et

permettre la réalisation facile de pièces très précises, ga-barits, cames, carters, etc. Il est donc intéressant d'exa-miner l'application des divers systèmes de mesure que l'on y trouve.

La détermination de l'emplacement d'un trou par rapport à des bases de référence ou à un autre trou, doit se faire à l'aide de deux coordonnées.

Pour réaliser un système de coordonnées rectangu-laires, la machine à pointer (voir fig. 1) comporte une table se déplaçant sous la broche porte-outil, en cou-lissant sur des glissières rectilignes représentant l'axe de l'une des coordonnées, l'autre est donné par le dé-placement du coulisseau porte-broche sur une traverse exactement perpendiculaire au déplacement de la table ; en outre, on peut monter sur la table un plateau circulaire, dont les angles de rotation peuvent être fixés exactement, et réaliser ainsi un système de coordonnées polaires. Toute la traverse peut se déplacer en hauteur, perpendiculairement au plan de la table, afin que l'outil travaille toujours avec un minimum de porte à faux, quel que soit le volume de la pièce à usiner. Les coor-données sont déterminées par les emplacements des trous à forer dans la pièce et doivent être reportées sur la ma-chine à pointer avec la plus haute précision possible pour que la pièce usinée soit parfaitement conforme au dessin. Cette concordance dépend de deux facteurs prin-cipaux, l'exactitude de la mesure des déplacements d'une part, et la rigidité de la construction d'autre part.

Les méthodes de mesure des déplacements les plus con-nues, appliquées aux machines à pointer, sont :

- 1^o la vis mesurante ;
- 2^o les étalons à bout ;
- 3^o le système optique visant des étalons divisés.

Nous nous proposons, dans cette étude, d'esquisser les avantages et les défauts de chacun de ces systèmes.

Le système à vis mesurante.

Les premières machines à pointer de modèle industriel comportaient deux vis-mères, l'une pour la mesure et l'exé-cution du déplacement de la table, l'autre remplissant les mêmes fonctions pour le coulisseau porte-broche.

Le principe de la mesure du déplacement repose sur le contrôle des angles de rotation de la vis, qui, lus sur un tambour de grand diamètre complété par un vernier, cor-respondent à une échelle agrandie aux déplacements de l'écrou fixé rigidement à la table ou au coulisseau porte-broche. La figure 2 en est l'illustration. En effet, on aperçoit à gauche la vis mesurante qui porte un tambour divisé tournant en face d'un vernier ; elle se termine à droite par un volant d'entraînement. A gauche, sous la vis, on voit une échelle auxiliaire permettant de définir la position en comptant les millimètres entiers ; les fractions sont lues jusqu'au $\frac{1}{1000}$ de mm sur le tambour et son vernier.

L'échelle de la relation entre le déplacement de l'écrou et celui du tambour est donnée par la relation :

$$E = \frac{\pi \cdot d}{p}$$

d = diamètre du tambour.

p = pas de la vis.

Par exemple, pour un tambour de 159 mm de diamètre monté sur une vis ayant un pas de 5 mm, l'échelle sera :

$$E = \frac{\pi \cdot 159}{5} = 100.$$

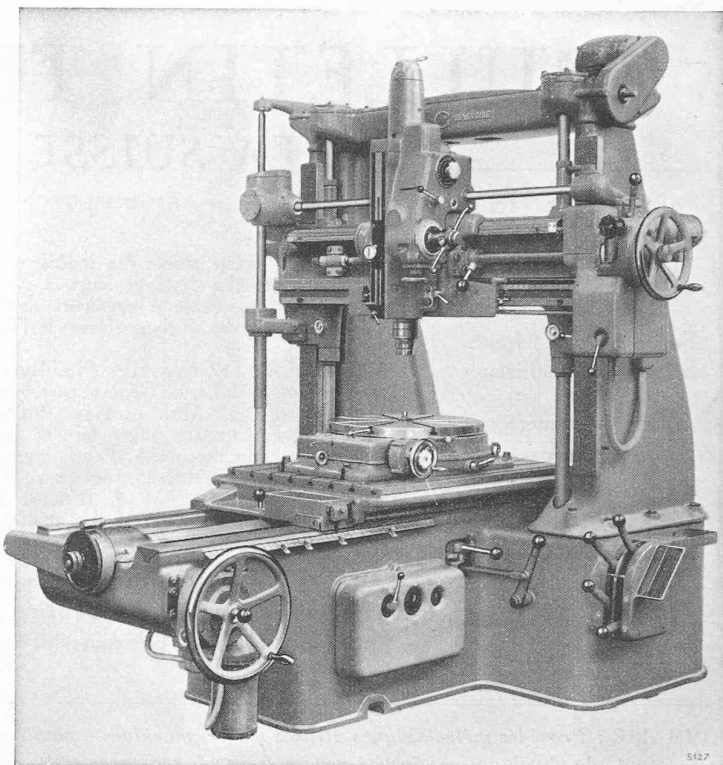


Fig. 1. — Machine à pointer de dimension moyenne, avec plateau circulaire.

Ceci exprime que pour un déplacement de 1 mm de l'écrou sur la vis, le tambour se déplacera de 100 mm par rapport au vernier. En admettant une erreur de lecture de $\frac{1}{10}$ mm sur le tambour, on aurait une erreur de $\frac{1}{1000}$ de mm sur le déplacement de l'écrou.

Mais on sait que, malgré un outillage très perfectionné, il est impossible d'obtenir une vis ayant des erreurs pro-gressives, c'est-à-dire des écarts de longueur par rapport à la cote qu'elle devrait avoir rigoureusement nuls. Pour obvier à ce défaut, le procédé utilisé consiste à déplacer le

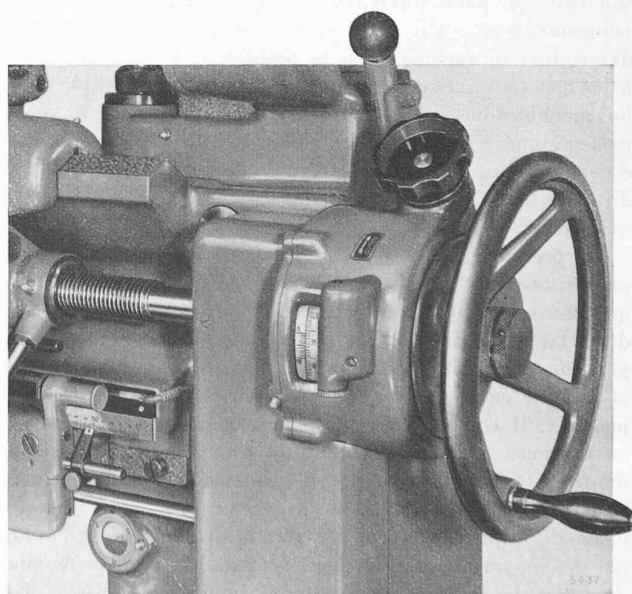


Fig. 2. — Commande d'une vis-mère.

vernier d'une quantité égale et inverse à l'erreur de la vis au point où se trouve l'écrou.

La figure 3 représente un type de construction de ce mécanisme. Pour le réaliser, un doigt, agissant sur un levier qui déplace le vernier, s'appuie sur la tranche d'une bande de tôle fixée à la table, tôle dont le profil sinueux reproduit à l'échelle convenable les erreurs de la vis. Par ailleurs, comme la vis-mère sert simultanément pour la mesure et pour le déplacement, et comme le travail s'exécute principalement dans une zone située à peu près au milieu de la vis, il se produit à la longue une usure qui n'est pas répartie également et provoque un amoindrissement de la précision des déplacements. En procédant à un nouvel étalonnage et en corrigeant en conséquence le profil de la tôle de correction, on peut corriger cette erreur.

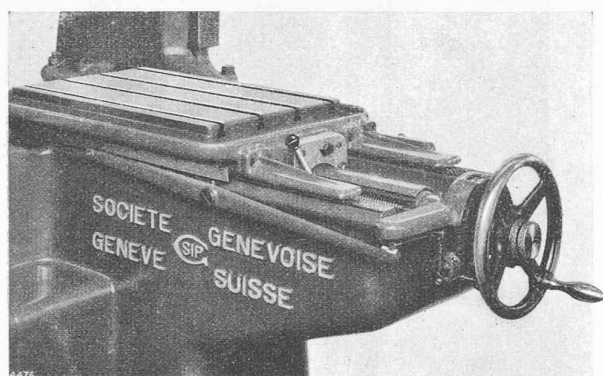


Fig. 3. — Mécanisme de correction des erreurs progressives de la vis.

Le système de mesure à l'aide d'une vis semble très exact au premier abord. Il a pour avantage essentiel une grande simplicité de construction, mais il présente un certain nombre d'inconvénients qui apparaissent surtout depuis que les machines à pointer ne sont plus uniquement réservées à l'atelier d'outillage, mais pénètrent aussi dans les ateliers de production et prennent des dimensions considérables.

En effet, les pièces de poids extrêmement variable que l'on fixe sur la table provoquent une résistance à l'avancement qui varie dans de grandes proportions; il en découle une sollicitation élastique de la vis qui n'est pas constante et une torsion variable due au couple résistant qui n'est pas toujours de même grandeur; ces deux éléments suffisent à fausser la mesure du déplacement de la table porte-pièce par rapport au tambour de référence. Bien entendu, ces écarts sont très faibles; mais si l'on veut atteindre une grande précision, ils jouent cependant un certain rôle.

Un exemple numérique suffit à le prouver. Admettons que la machine ait été étalonnée exactement avec la table non chargée. Plaçons-y une pièce de 800 kg. L'écart, pour une longueur de 1 mètre, avec une vis de 45 mm de diamètre extérieur et un pas de 5 mm, se calcule de la façon suivante :

1^o écart dû à la sollicitation élastique $P \cdot \mu$ de la vis, le frottement μ de la table sur les glissières étant évalué à 10 % :

$$\Delta l_1 = \frac{P \cdot \mu}{\frac{\pi}{4} d_{\text{moy}}^2 \cdot E} = 0,00345 \text{ mm}$$

2^o écart dû à la torsion de la vis, le frottement dans l'écrou étant évalué à 10 % :

$$\Delta l_1 = \Delta \varphi \cdot \text{pas} = \frac{M_d}{\frac{\pi d^4}{32} \cdot G} \cdot \frac{\text{pas}}{2\pi} = 0,00079 \text{ mm.}$$

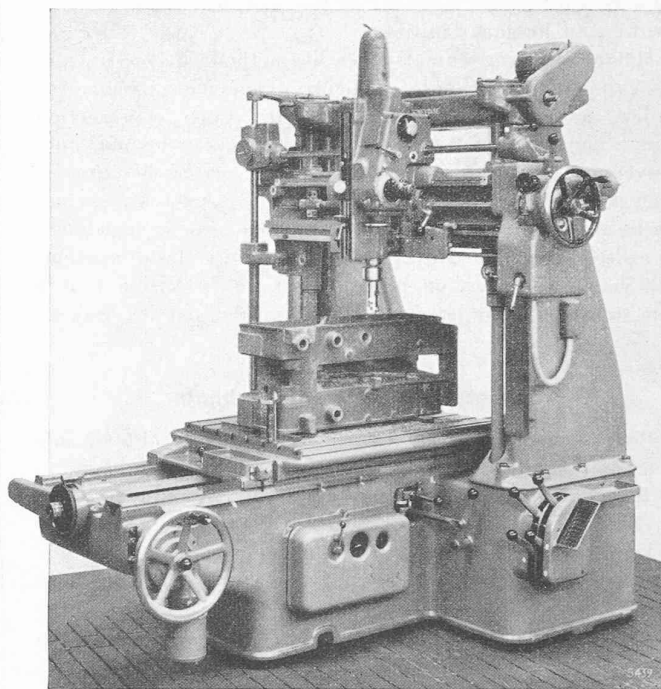


Fig. 4. — Usinage d'un carter sur machine à pointer.

L'écart total sera donc de 3,53 microns (1 micron = $\frac{1}{1000}$ de mm).

Si nous prenons une vis ayant un diamètre extérieur de 35 mm et un pas de 5 mm, l'écart passerait dans les mêmes conditions à 6,67 micron. Ce calcul démontre l'importance de la rigidité de la vis-mère, dont les dimensions doivent être en rapport avec la précision recherchée et la grandeur de la machine.

La figure 4 représente une machine à vis utilisée pour la fabrication en petite série de carters aux dimensions très précises; on voit que les pièces que l'on peut travailler prennent des dimensions importantes et que les variations de la charge de la table ne sont plus complètement négligeables.

Un autre facteur infirmant aussi le système de mesure à vis réside dans la variation d'épaisseur du film d'huile de la butée de la vis-mère due à la vitesse inégale avec laquelle se font les déplacements et réglages et aux écarts de pression provoqués par les charges diverses de la table. Cette variation peut atteindre quelques microns.

Enfin, si l'on procède à de fréquents et grands déplacements, la vis s'échauffe et par conséquent s'allonge d'une manière pouvant devenir importante.

Le calcul de la température T_c d'un corps ayant une température initiale T_o , placé pendant une durée t dans un milieu à une température T , se calcule à l'aide de la formule :

$$T_c = (T_o - T) e^{-\frac{S\alpha}{Gc} \cdot t}$$

dans laquelle S désigne la surface de contact du corps avec le milieu ;

α désigne le coefficient de passage de chaleur ;

G désigne le poids de la pièce ;

c désigne la chaleur spécifique.

Si une vis en acier de 1000 mm de long s'échauffe de 1 degré, sans que la température ambiante varie, elle s'allongera de 11 microns et il lui faudra se refroidir pendant 2 h

49 min pour que sa longueur ne soit que de 2 microns supérieure à sa longueur initiale.

Malgré les inconvénients cités, la méthode de mesure par vis sur machine à pointer demeure un moyen extrêmement utilisé, pour des raisons de simplicité. Cette construction donne une précision tout à fait suffisante pour les machines moyennes ; en outre, la possibilité de corriger les erreurs dues à l'usure en modifiant la tôle de correction, permet l'utilisation des vis-mères, même sur de grosses machines. Si celles-ci sont construites judicieusement, et les dimensions des vis assez fortes, on peut obtenir une précision tout à fait suffisante pour les demandes formulées par les usagers.

La méthode avec étalons à bouts.

Pour obvier aux inconvénients de la vis et obtenir une machine dont le prix de revient soit faible, on a cherché à se libérer de la construction de vis de précision, en séparant l'organe de déplacement de celui qui sert à la mesure.

La maison américaine Pratt & Whitney a développé une aléuse verticale répondant à ces conditions. En effet, dans cette machine, la table est déplacée par une vis qui ne sert pas à la mesure, mais opère uniquement le déplacement. La mesure se fait à l'aide d'une composition d'étalons à bouts prenant appui d'une part sur une butée fixée à la table, d'autre part sur un micro-indicateur solidaire du bâti. Ainsi, pour chaque déplacement à exécuter, il faut que l'ouvrier compose un jeu d'étalons approximativement de la dimension du déplacement à faire, car le micro-indicateur ayant une certaine course permet de compléter cette approximation.

Si cette méthode est avantageuse, quant au prix de revient de la machine, elle implique la nécessité d'avoir à disposition des jeux d'étalons précis qui demandent à être soigneusement entretenus, et le temps que l'ouvrier emploie à constituer la composition désirée est long. La moindre saleté placée entre les étalons fausse la mesure et on ne travaille pas de façon précise sans soins très spéciaux, car leur manipulation provoque un échauffement se traduisant par un allongement qui peut devenir dangereux et influencer défavorablement la précision de la mesure.

Lorsque le jeu d'étalons ne donne pas exactement la cote que l'on veut obtenir, il faut compenser la différence par le micro-indicateur. Or, la construction de celui-ci est telle que la course est à peu près inversement proportionnelle à la précision de l'appareil. On se trouve pris dans une alternative : ou faire une machine peu précise sur laquelle on travaille rapidement, avec un jeu d'étalons comportant un nombre restreint de pièces qui ne permettent pas un fractionnement précis des distances et nécessite par conséquent l'emploi d'un micro-indicateur à grande course pour compenser les différences ; ou construire une machine précise, mais sur laquelle le travail sera très lent, car il faudra un certain temps à l'ouvrier pour constituer avec des étalons une distance assez rapprochée de la cote à constituer.

Si l'on réalise bien une machine meilleur marché en se libérant de la fabrication de vis de précision, on en complique et en ralentit passablement le service, ce qui constitue un grave défaut.

La figure 5 montre un cas d'application de la mesure avec étalon et micro-indicateur pour une broche de machine. A l'aide de ce dispositif, on mesure la profondeur de perçage des trous ; à cet effet, le support du micro-indicateur, qui est solidaire de la broche de perçage, coulisse de haut en bas dans le même sens que la broche. Le plateau inférieur,

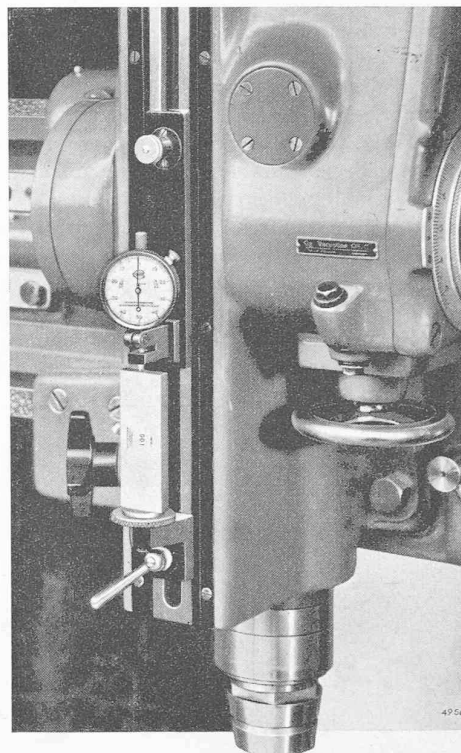


Fig. 5. — Mesure de la profondeur de perçage sur une broche de machine à pointer.

réglable approximativement à la main, supporte l'étalon qui détermine la profondeur de perçage ; en enlevant celui-ci, le coulisseau porte-micro-indicateur descend avec la broche jusqu'au moment où l'ouvrier, contrôlant sur le cadran la position de l'aiguille du micro-indicateur, atteint la profondeur désirée et arrête l'opération.

La méthode de mesure optique visant un étalon divisé.

Nous avons vu, au début de cette étude, qu'un trou peut être repéré, soit par rapport à d'autres trous, soit par rapport à des bases de référence. Avec les machines à pointer à vis-mère on doit, dans ce dernier cas, procéder tout d'abord à l'usinage des bases sur une autre machine, puis transporter la pièce pour procéder au forage des trous. Partant de l'idée que si l'on pouvait, sur la même machine, aléser des trous et fraiser des surfaces, on obtiendrait une précision bien supérieure dans l'usinage de la pièce, la Société genevoise d'Instruments de physique a développé une machine, qui porte le nom d'« Hydroptic ». Les déplacements de la table se font à l'aide d'un système hydraulique, conférant une très grande souplesse de réglage, alors que la mesure des déplacements se fait à l'aide d'un microscope visant un étalon à traits.

La figure 6 est une vue de la machine « Hydroptic », du côté de l'opérateur. On y voit en particulier, sur la gauche du bâti, l'oculaire au travers duquel on contrôle la position de la table ainsi que le levier de commande du déplacement hydraulique de celle-ci. A droite de la traverse mobile coulisant sur les deux montants, on voit l'oculaire qui permet le contrôle de la position du coulisseau porte-broche.

Cette machine à pointer n'est donc plus seulement une aléuse, mais une aléuse-fraiseuse de haute précision, puisqu'elle est capable aussi bien de forer que de fraiser. Ici, les étalons en bouts et les vis sont remplacés par des

étalons divisés ou règles de précision, qui sont des copies fidèles de l'étalon international. Ces étalons sont fixés aux organes qui se déplacent, la table pour l'une des coordonnées, le coulisseau porte-broche pour l'autre. Ils sont rigide-ment liés à ces éléments et sont totalement protégés des poussières et des impuretés. La matière, un acier au nickel, a le même coefficient de dilatation thermique que la fonte ou l'acier ; la mesure est donc toujours juste, quelle que soit la température ambiante si l'on usine un de ces métaux, à condition toutefois que la pièce ait la même température que la machine. Si l'on travaille un autre métal, il faut tenir compte de la différence de température entre celle de l'ambi-ance et 20 degrés, température d'étalonnage de la machine.

La figure 7 représente schématiquement la coupe d'un microscope de machine « Hydroptic ». On y voit la table et le support de l'étalon divisé, ainsi que le bâti de la machine qui porte le microscope. L'étalon porte dans le plan des fibres neutres une surface qui est polie d'une manière particulière-ment soignée et sur laquelle sont tracés, de millimètre en millimètre, des traits microscopiques. A l'aide d'un système d'objectifs et d'oculaires fixés au bâti de la machine, on amène, par le déplacement de la table ou du coulisseau porte-broche, l'un des traits de la division microscopique sur le trait-repère du réticule ; le réglage grossier est donné par une échelle auxiliaire qui permet de compter rapidement les unités.

Si le trait du réticule restait fixe, on ne pourrait faire des mouvements que de millimètre en millimètre. Mais au moyen d'une vis micrométrique munie d'un tambour de grande dimension, on déplace le réticule à l'échelle nécessaire pour faire toutes les fractions de millimètre. Grâce à ce dispositif, on peut inscrire toutes les cotes avec une précision de 1 micron. Bien entendu, ce réticule est construit à l'endroit où le trait forme une image dont les déplacements sont déjà suffisamment grossis pour qu'une petite erreur de la vis micromé-trique n'ait aucune influence sur la précision de la mesure.

La figure 8 représente la tête du microscope de la table d'une machine « Hydroptic ». On voit qu'elle peut s'éclipser vers la droite pour que la table soit complètement dégagée lorsqu'on la charge. On voit aussi le tambour sur lequel on règle les fractions de millimètres et l'échelle auxiliaire sur laquelle on lit les déplacements en millimètres entiers. Le volant, en bas de la figure, sert au réglage final de la position de la table, qui est amenée à peu près en place à l'aide de la commande hydraulique.

Il est évident que pour réaliser un système de mesure optique de haute précision sur une machine-outil, un grand

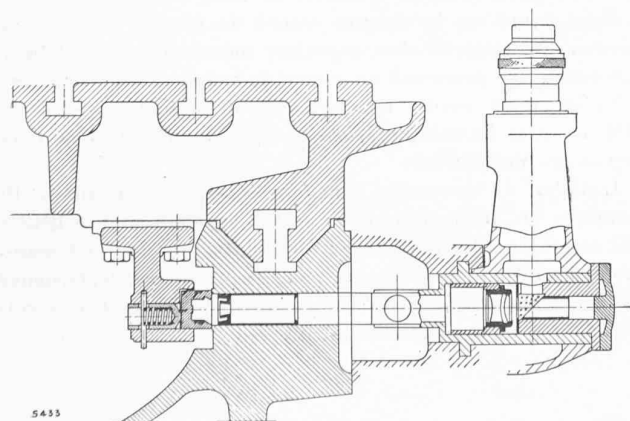


Fig. 7. — Coupe schématique du microscope d'une table de machine « Hydroptic ».

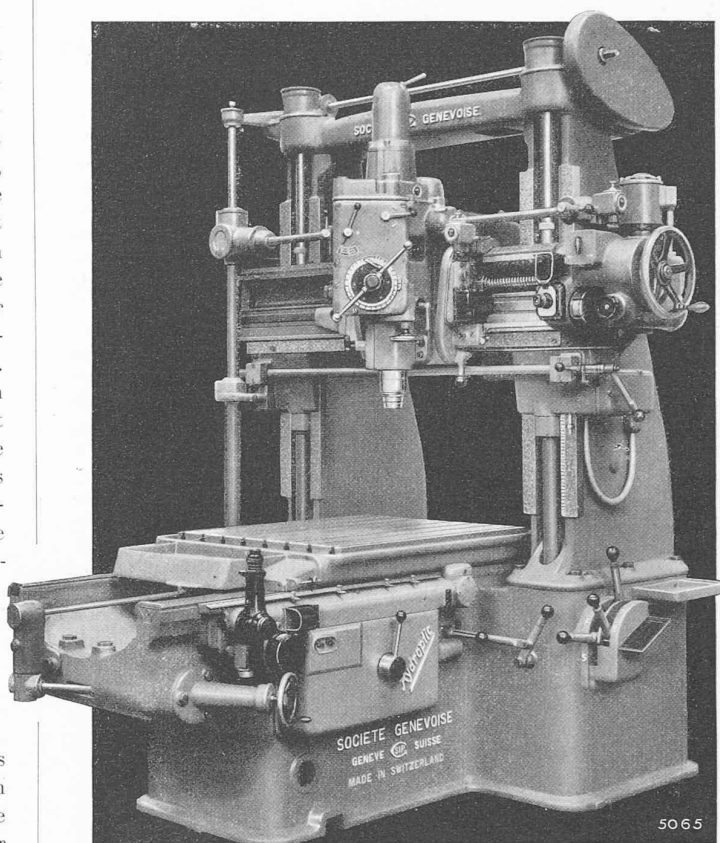


Fig. 6. — Aléreuse-fraiseuse « Hydroptic ».

nombre de conditions essentielles doivent être remplies. Si nous examinons ces conditions depuis l'origine de la formation de l'image, nous rencontrons les facteurs suivants :

1. La surface polie de l'étalon doit être parfaitement homogène ; en effet, le moindre défaut de structure dans le métal apparaît très grossi dans le champ de l'oculaire ; en outre, la présence de grains durs ou de porosités risque toujours de faire dévier légèrement l'outil qui grave les traits microscopiques. Cette sur-

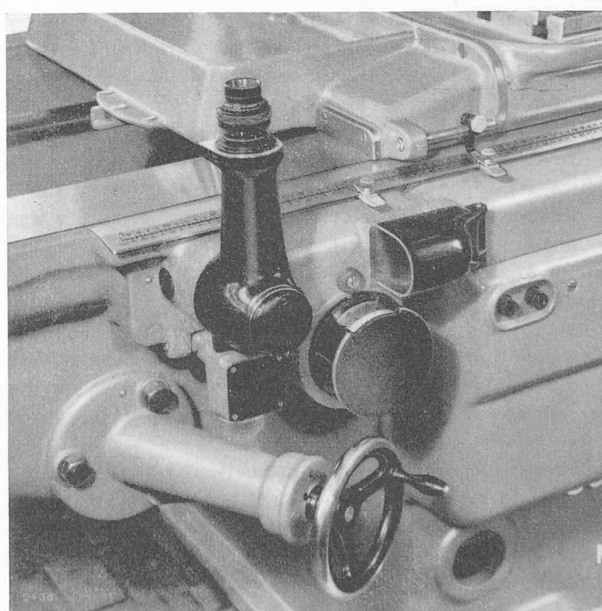


Fig. 8. — Microscope de machine « Hydroptic ».

face doit être dans le plan des fibres neutres de l'étalon qui est suspendu aux points de Bessel, de façon que sa flexion soit réduite au minimum (soit $\frac{1}{5}$ et $\frac{4}{5}$ environ de sa longueur).

2. Le trait apparaît en noir sur un fond clair, car les rayons lumineux envoyés par la source d'éclairage du microscope ne sont pas réfléchis par le sillon formant le trait, alors qu'ils le sont sur tout le reste de la surface polie ; mais il faut que les bords apparaissent très nets, de façon que l'image soit bien définie. Pour réaliser cette condition, il est nécessaire de donner une forme spéciale au sillon, et si l'on songe qu'il a une largeur de 4 à 6 microns, on se représente sans peine les difficultés auxquelles se heurte le réglage de l'appareil à tracer.

3. Le maintien d'une température absolument exacte de la machine à diviser est nécessaire pendant le travail de gravage de l'étalon ; en effet, un écart de $\frac{1}{10}$ de degré centigrade entre la machine et l'étalon que l'on divise, provoque un écart de $\frac{1}{1000}$ de millimètre s'il a un mètre de long. Comme les machines à pointer les plus grandes ont des courses qui dépassent un mètre, il faut s'assurer de la concordance exacte entre la température de la machine et celle de l'étalon que l'on divise.

4. Les objectifs doivent avoir une ouverture assez grande pour que leur pouvoir séparateur soit suffisant et permette un contrôle de la position de l'étalon par rapport au trait repère d'un réticule à $\frac{1}{1000}$ de millimètre. Or, on sait que cette condition rend plus délicate l'exécution de l'objectif pour que l'astigmatisme soit parfaitement réalisé.

5. L'éclairage doit être particulièrement bien étudié, afin qu'il ne rende pas l'image floue et ne provoque pas un échauffement de la règle.

On voit par cette brève énumération de quelques difficultés, que l'on ne peut improviser en cette matière ; ce n'est que grâce à une grande expérience et à un outillage très perfectionné que l'on peut réaliser, en fabrication de série, des microscopes très précis répondant par leur robustesse et leur inaltérabilité aux nécessités de l'industrie.

Outre la machine « Hydroptic », il faut mentionner les dispositifs optiques imaginés par le constructeur allemand Lindner. Parti des mêmes principes fondamentaux, à savoir la séparation de l'organe de mesure et de l'organe de déplacement, celui-ci a imaginé, non pas un étalon à traits, mais un cylindre sur lequel un trait fin décrit une hélice au pas de 1 mm. Le cylindre peut tourner autour de son axe et porte en son extrémité un tambour divisé sur lequel on peut lire les fractions de millimètre. Cette solution, quoique très ingénieuse, a un certain nombre de défauts ; en effet, la surface que l'on vise est une portion de cylindre, et la mise au point du trait sur toute sa longueur visible est impossible à faire exactement ; en outre, le trait étant une fraction d'hélice, n'est pas droit, ce qui est gênant pour la mise en concordance avec le réticule. Mais surtout, la spirale tracée sur le cylindre est une vis déformée et porte en elle par conséquent tous les défauts afférents aux vis, soit erreur périodique, mauvaise butée, etc.

Bien que la mesure soit beaucoup plus exacte que celle donnée par une vis, elle n'atteint pas la précision obtenue avec un étalon à traits microscopiques rectilignes, qui peut être contrôlé par rapport à l'étalon de Sèvres pour chacun de ses traits.

L'avantage énorme de ces constructions réside dans l'inaltérabilité du système de mesure ; il n'y a pratiquement pas d'usure et l'élasticité des organes de mesures ne joue plus de rôle, puisque les étalons ne sont soumis à aucun effort. Ceci permet donc de garantir des précisions élevées, et surtout de maintenir, malgré l'usage, des mesures parfaitement exactes des déplacements.

Conclusions.

Le développement du machinisme, entraînant avec lui la nécessité d'avoir des pièces interchangeables, conduit l'industrie à utiliser de plus en plus des machines de très haute précision qui imposent la construction de systèmes de mesures toujours plus exacts. Le système optique visant des étalons divisés est actuellement celui qui donne les résultats de beaucoup les meilleurs ; grâce à sa construction inaltérable, il jouera certainement un rôle de plus en plus important dans toutes les machines-outils de précision.

Genève, janvier 1944.

SOCIÉTÉ GENEVOISE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES (SECTION S. I. A.)

Rapport du président sur l'exercice 1943

présenté à l'assemblée générale annuelle du 20 janvier 1944.

Messieurs et chers collègues,

L'année 1943 — par ailleurs lourde de soucis et de difficultés — s'est envolée d'une aile rapide et légère pour notre section, sous le signe de la 58^{me} Assemblée générale de la S. I. A. — Cet événement, dont Genève n'avait pas été honorée depuis 1907 et auquel ont pris part près des deux tiers des membres de notre section, a fortifié les liens qui nous unissent à nos collègues de la Suisse entière et a marqué l'apport de nos professions à la vie du pays. — L'assemblée générale du 11 septembre à Genève a décerné la qualité de membre honoraire à M. le Dr Neeser, sur la proposition conjointe des sections bernoise et genevoise et cela tempéra nos regrets de voir M. Neeser quitter la présidence de notre Société. La section genevoise a été également fort honorée par l'élection de M. Eric Choisy au Comité central.

* * *

Au cours de l'exercice écoulé, nous avons eu le plaisir d'accueillir 13 nouveaux collègues à la suite d'admissions ou de transferts : 3 architectes, MM. Roger Breitenbucher, André Marais et Antoine de Saussure ; 3 ingénieurs civils, MM. Raymond Kæchlin, Harold Necker et Alexandre van Berchem ; 1 ingénieur électricien, M. Riccardo Riccardi ; 6 ingénieurs mécaniciens, MM. John Cottet, Daniel Gaden, Fritz Gallmann, Pierre Piguet, Maurice Revaclier et Ara Youssoufian.

Nous avons eu le chagrin récent de perdre un membre dévoué : M. Oscar Walter, ingénieur mécanicien, dont l'éloge funèbre a été prononcé au cours de notre dernière séance.

Enfin, nous avons enregistré 2 démissions : celles de MM. Jacques Barthélémi Micheli et Eugène Prior, tous deux ingénieurs mécaniciens.

L'effectif de la section genevoise s'est donc accru de 10 membres en 1943 et a passé de 173 au 31 décembre 1942 à 183 membres à fin 1943, soit : 49 architectes (dont un membre cantonal) ; 51 ingénieurs civils ; 24 ingénieurs électriciens ; 48 ingénieurs mécaniciens ; 5 ingénieurs ruraux et topographes ; 6 ingénieurs chimistes et divers.

* * *

Le réjouissant résultat comptable de l'année 1943, dont notre trésorier vous donnera tout à l'heure le détail, est dû