

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 81 (1955)  
**Heft:** 21-22: École polytechnique fédérale Zurich: centenaire 1855-1955,  
fasc. no 2

**Artikel:** De la machine à pointe à l'aléseuse-fraiseuse de précision  
**Autor:** Turrettini, Jacques  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61376>

#### **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>**

et, en général, les turbines ne sont jamais appelées à opérer de la sorte quotidiennement et pendant de longues périodes. La difficulté qui se présente apparaît sous la forme de chocs de cavitation dans le centre de l'aspirateur. L'effet fâcheux sur les fondations de l'installation peut être paré par l'introduction d'air, qui a pour effet d'amortir la violence des chocs liquides. Toutefois le débit devient insuffisant.

Le calcul montre que les deux difficultés peuvent s'effacer en réduisant la composante de rotation de l'eau à l'amont de la roue. Après quelques modifications, le fonctionnement de la machine fut rendu complètement satisfaisant et le débit prescrit maintenu. Le tourbillon d'eau dans l'aspirateur fut supprimé et, avec

lui, la cavitation. La nouvelle machine pouvait ainsi répondre à toutes les exigences du problème, avec marges importantes.

Le 1<sup>er</sup> juillet 1954, la Hydro-Electric Power Commission of Ontario passait commande à la branche canadienne de l'English Electric Co. pour six machines de 52 500 CV chacune, ce qui est l'équipement complet en turbines-pompes de leur projet d'accumulation à leurs deux centrales Sir Adam Beck n° 1 et n° 2.

On remarquera que la rapidité du développement de la nouvelle machine est due à l'occasion offerte par la Hydro-Electric qui, de ce fait, contribue dans une très grande mesure au lancement de cette intéressante innovation.

## DE LA MACHINE À POINTER A L'ALÉSEUSE-FRAISEUSE DE PRÉCISION

par JACQUES TURRETTINI, ing. dipl. E.P.F., Société genevoise d'instruments de physique

La machine à pointer a eu son origine dans le Jura. C'est M. Perrenoud, attaché à la Maison Dixi, qui en a créé le prototype, au Locle, à la fin de la première guerre mondiale. Il s'agissait d'une petite machine d'établi, destinée à l'industrie horlogère.

Actuellement, le même nom s'applique à des aléseuses-fraiseuses de haute précision dont certaines atteignent le poids de seize tonnes.

Notre propos est de relever les grandes lignes de cette évolution et, de l'état actuel de la technique, de dégager les tendances des constructeurs.

La machine de M. Perrenoud avait une capacité de 100 × 100 mm. Son dispositif de mesure était réalisé par des vis-mères munies de tambours micrométriques. Les erreurs progressives des vis étaient automatiquement corrigées par un dispositif repris de la Société genevoise et qui fut inventé par le professeur Marc Thury en 1862. Pour des raisons qui nous échappent, la Maison Dixi ne semble avoir produit qu'un nombre limité de ces machines. En 1920, l'industrie horlogère sollicitait la Société genevoise de reprendre la construction de M. Perrenoud (voir fig. 1).

De ce bref résumé, il ressort qu'entre toutes les industries mécaniques, l'industrie horlogère fut la première à éprouver le besoin d'une machine de précision pour exécuter des outillages destinés à assurer la standardisation et l'interchangeabilité des pièces. On était en droit d'imaginer que l'industrie de mécanique générale, tôt ou tard, suivrait la même évolution et c'est cette juste spéculation qui a conduit la Société genevoise à la création de plus grands modèles, dits industriels, par opposition aux modèles d'établi.

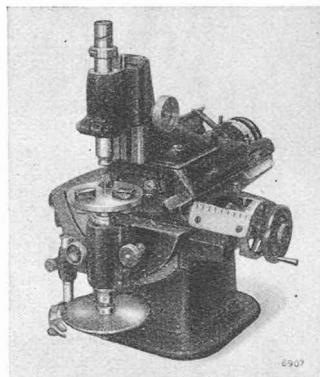
La première machine du nouveau type (voir fig. 2) fut mise sur le marché en 1921 et vendue en Angleterre à la Royal Small Arms Factory, qui écrit peu de temps après «qu'elle apporta une véritable révolution dans la technique d'atelier». Très différente de la machine de

M. Perrenoud, elle avait déjà l'allure familière d'une raboteuse à deux montants. Le système de mesure, par contre, était identique dans son principe. La broche était entraînée par une poulie à étages permettant quatre vitesses et le dispositif d'avances était constitué par un simple mécanisme à rochet dont le fonctionnement brutal et discontinu ne semblait indisposer personne.

Placé devant cette machine, un technicien de 1955 ne pourrait réprimer un sourire et sa légitime réaction nous donne la mesure du chemin parcouru depuis lors.

Dès 1921, la Société genevoise créa toute une série de nouveaux modèles, sans cesse améliorés. Les machines perdent leur caractère archaïque et leur architecture s'améliore en même temps qu'elles sont dotées de perfectionnements permettant un usinage plus rationnel (boîtes de vitesses, boîtes d'avances, moteurs de déplacements, etc.). En 1933 sort la première machine à trois coordonnées, d'une capacité de 1300 × 1000 × 520 dont le poids approche d'une huitaine de tonnes.

Fig. 1.  
Machine à pointer  
d'établi.



C'est dire que la machine à pointer a trouvé sa place dans toutes sortes d'industries : automobile, aviation, machines-outils, outillage, produits moulés et emboutis, etc.

Cependant, les besoins de la clientèle n'étaient pas entièrement satisfaits. Certaines entreprises ne limitaient pas l'usage qu'elles faisaient des machines à pointer à la fabrication de l'outillage, mais à l'usinage direct de petites séries ou de prototypes.

La précision assurée par les vis mesurantes était tout à fait suffisante pour couvrir la presque totalité des exigences. Les broches montées sur paliers lisses assuraient une haute qualité d'alésage, mais par contre nécessitaient, vu le jeu restreint des paliers, certaines précautions dans les passes d'ébauche. Ce défaut, ajouté à leur prix d'achat élevé (le prix de revient est une fonction exponentielle de la précision), classait ces machines dans une catégorie nettement différente des machines courantes : celles des machines indispensables mais chères, nécessitant la main-d'œuvre la plus qualifiée.

Indépendamment de toute considération technique (qualité du travail quasi assurée, par exemple), cet état de fait incitait tout naturellement le client à tirer de sa machine le meilleur parti possible. Or, à la gamme d'opérations offertes, il en manquait une, très importante : le fraisage. En effet, pour deux raisons, les machines à vis de cette époque étaient inadéquates à ce genre d'usinage :

1. Les paliers lisses des broches, à basse vitesse, ne supportaient pas les efforts brutaux et alternatifs des fraises.
2. Les vis-mères auraient rapidement perdu leur précision si elles avaient dû fournir des efforts d'avance capables de surmonter la résistance de l'outil.

Mais, incontestablement, le fraisage était souhaitable car, de par leur construction, les machines à pointer pouvaient offrir dans ce domaine des possibilités absolument nouvelles :

- Très haute qualité de surface.
- Grande planéité des surfaces fraîsées, assurée par les glissières de précision des organes mobiles (nécessaires pour des raisons métrologiques).
- Possibilité de respecter des tolérances extrêmement serrées. En language pratique par exemple, possibilité d'exécuter des guidages mâles et femelles en queue d'aronde, qui coulissent sans jeu et ne nécessitent aucun grattage ou ajustage après le fraisage.

Presque simultanément, les alliages frités du carbure de tungstène faisaient leur apparition et vu leur tenue à haute vitesse, posaient aux machines-outils de nouvelles exigences, du double point de vue des vitesses de coupe disponibles et de la résistance aux sollicitations mécaniques.

Résumons, sous deux aspects, la situation telle qu'elle se présentait en 1933 :

a) *du point de vue technique :*

- Etendre la gamme des vitesses de broche.
- Prévoir, à la table et au coulisseau, des dispositifs d'avance.
- Réaliser une broche qui supporte aisément les efforts de fraisage tout en gardant une concentricité de deux microns au plus.
- Réaliser un système de mesure qui permette le fraisage, donc affranchi de toute sollicitation mécanique.
- D'une manière générale, réaliser une machine souple et de manipulation aisée.

b) *du point de vue commercial :*

Offrir à la clientèle une machine suffisamment universelle pour qu'elle résolve au mieux les problèmes d'outillage et suffisamment productive pour qu'elle soit utilisable en fabrication directe, dont l'amortissement ne soit cependant pas trop lourd, pour que son utilisation à la fabrication des petites séries ou de prototypes revienne meilleur marché que la confection d'un outillage.

En 1934, la *Société genevoise* exposait à l'*Olympia* de Londres, sa nouvelle machine : l'*Hydroptic*.

Commentons brièvement les principales améliorations techniques qu'elle offrait :

- Son système de mesure, dérivé directement de la métrologie scientifique, était réalisé sous la forme d'une règle-étoile (du genre même de celles que la Société genevoise fabriquait depuis de nombreuses années pour les Bureaux des Poids et Mesures et qu'elle utilisait sur ses machines à mesurer) visée par un microscope micrométrique. Les avantages en sont évidents : affranchissement de toute sollicitation mécanique (sauf l'effort minime de la vis micrométrique qui déplace le réticule du microscope), donc établissement d'une base de mesure permanente ; augmentation de la précision, par l'adoption d'un procédé qui était celui-là même qui servait à l'étalonnage des machines à vis.
- Sa commande hydraulique de la table, assurant une gamme continue d'avances de fraisage et une grande souplesse dans les positionnements.
- Sa broche, montée sur roulements à galets coniques, d'une fabrication spéciale, qui par son type de construction, s'apparente aux broches de fraiseuses et d'alésseuses, tout en assurant la concentricité nécessaire à l'usinage d'alésages de précision.

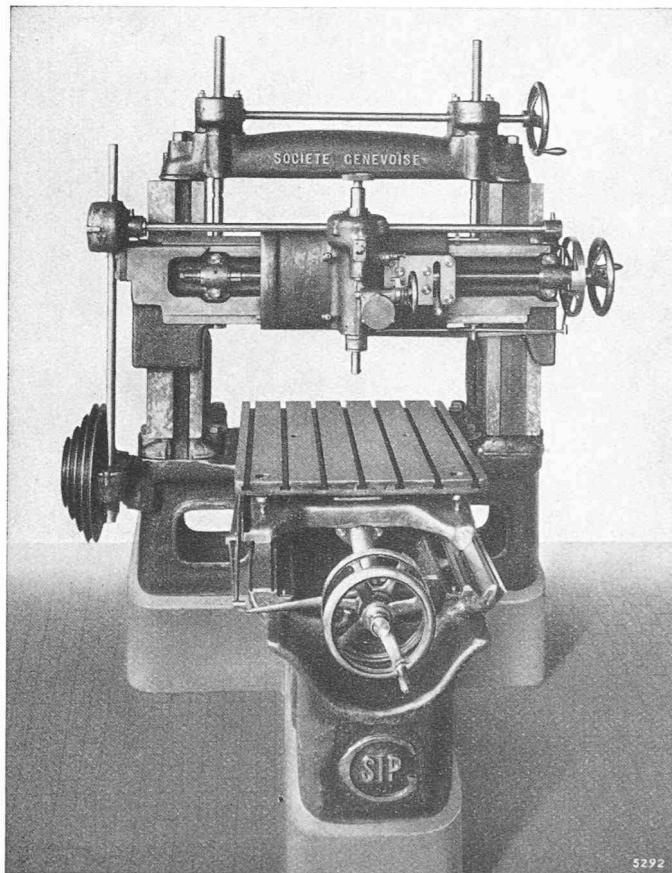


Fig. 2. — Première machine industrielle, 1921.

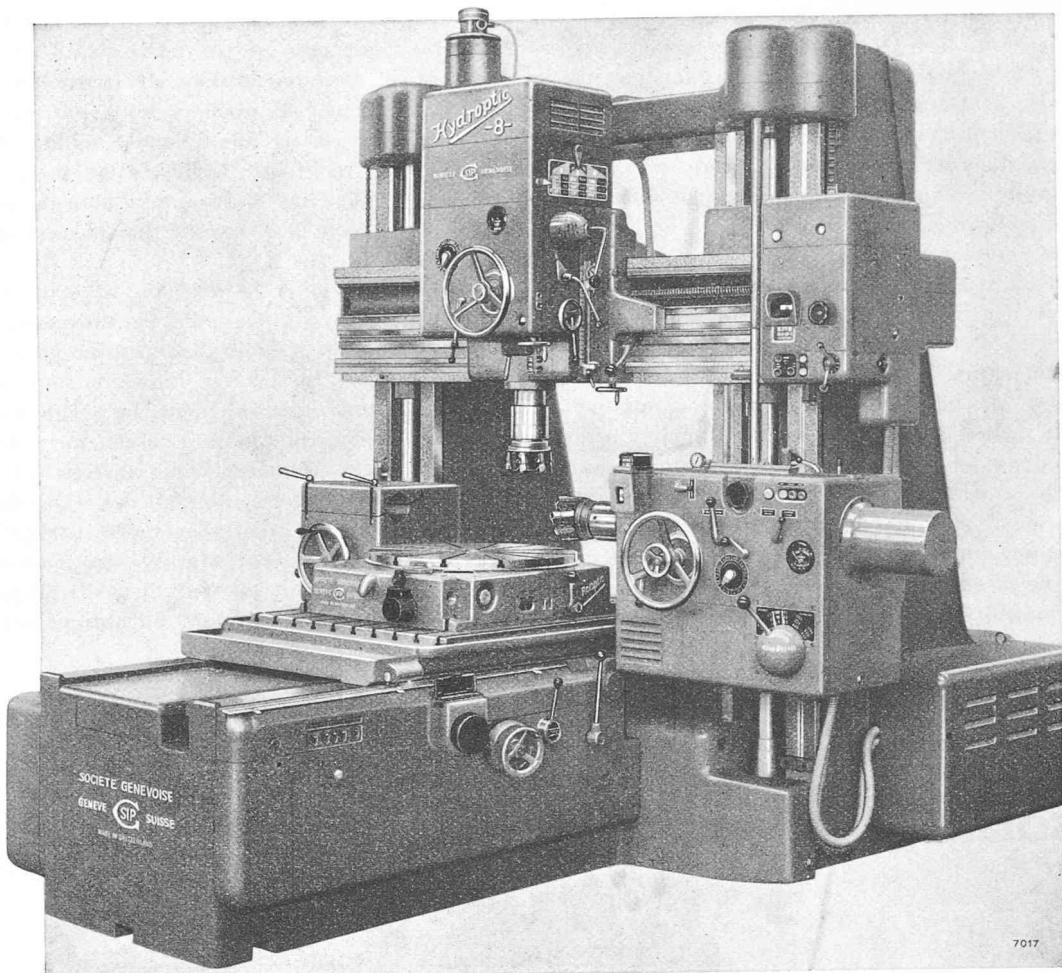


Fig. 3. — Hydroptic 8-P. 1953.

Quelques années plus tard, la Maison Herbert Lindner, de Berlin, mettait également sur le marché une machine à pointer optique dont il convient de relever l'originalité du système de mesure. Plutôt que d'utiliser une règle-étalon au pas de 1 mm et de subdiviser ce dernier par le déplacement contrôlé du réticule du microscope, le microscope était pourvu d'un réticule fixe et visait une spire au pas de 2 mm tracée sur un cylindre. La rotation de ce dernier permettait de réaliser le fractionnement du millimètre.

Dès la fin de la deuxième guerre, jusqu'à aujourd'hui, d'importants progrès ont été réalisés sur les machines à pointer de la *Société genevoise*. La puissance d'usinage a été considérablement accrue par l'adoption d'une poupée monobloc. Sur les modèles précédents, le groupe moteur-boîte de vitesses se trouvait sur le côté gauche du bâti. De longs arbres clavetés, reliés entre eux par des pignons d'angles servaient à entraîner la broche. Cette construction, dérivée directement des machines à vis était motivée par l'appréhension que l'on avait à l'époque à situer au voisinage de la broche une source d'échauffement et de vibrations telle que le moteur. Les progrès de la technique ont permis cette nouvelle construction dès 1945. Le résultat fut une considérable augmentation de la puissance au fraisage, par la suppression de l'élasticité des arbres de transmission et du faible rendement des pignons

d'angle. Le microscope du système de mesure a été remplacé par un système de projection sur écran. Cette modification représente un important progrès car elle facilite grandement le travail de l'opérateur. La précision de lecture se trouve accrue du fait que ce dernier travaille en vision binoculaire normale, au maximum du pouvoir séparateur de l'œil, ce qui n'est pas le cas dans un microscope où seule une petite partie de la pupille est utilisée.

Les dernières Foires européennes de la machine-outil ont montré la vogue dont jouissent les systèmes optiques à projection. Il convient de relever que dans la plupart des cas, il s'agit d'une projection diascopique d'une règle de verre. La solution de la *Société genevoise* (projection épiscopique d'une règle métallique) est plus difficile à réaliser mais procure l'avantage de permettre l'utilisation d'un écran sans aucun scintillement et d'une règle-étalon dont le coefficient de dilatation correspond exactement à celui de la fonte.

\* \* \*

Il est indiscutable que l'évolution de la technique conduira dans certains cas à une augmentation des exigences et à une rationalisation des procédés de fabrication. Quelles sont les perspectives de la machine à pointer, vues sous cet angle ?

La haute précision ne s'obtient qu'au prix de considérables précautions. Telle technique, mise au point au prix de gros efforts, ne s'abandonnera pas facilement pour une autre, peut-être plus économique, mais dont le résultat est incertain ou encore insuffisamment acquis. C'est pourquoi, dans les techniques de fabrication, les machines à pointer évoluent plus lentement que la machine-outil courante. Prenons l'exemple des glissières. Il peut sembler choquant qu'au début de l'ère atomique, on en soit encore à finir les glissières à la main, par grattage. Si l'on y regarde de plus près, cela n'a pourtant rien d'étonnant. Du seul point de vue de la forme géométrique, les exigences sont telles qu'aucune rectifieuse de glissière actuellement connue ne serait capable de les respecter. Il suffit en effet d'une courbure de deux secondes (angle des tangentes aux extrémités de la course), pour qu'existe une erreur métrologique de 5 microns sur un déplacement d'un mètre, à supposer que le plan de mesure soit celui de la glissière et que la surface à usiner se trouve 500 mm en dessus, conditions qui n'ont rien d'extravagant.

Il est évident qu'une courbure aussi faible s'obtient

par seule déformation élastique. C'est par exemple celle que peut prendre un bâti quand on le charge de sa table. Il convient donc de le gratter avec une courbure inverse, de manière qu'il soit rectiligne en état de charge. C'est une difficulté additionnelle pour l'usinage par rectifiage. Le problème reste cependant entier, car d'ici une quinzaine d'années, le procédé du grattage, pour beaucoup de raisons, sera sans doute inapplicable.

Au point de vue de la précision, on peut estimer que si, actuellement, on travaille en moyenne avec une tolérance de  $10 \mu$  il faudra quinze ans pour que cette tolérance se réduise à  $7,5 \mu$ . L'avenir, sous ce rapport, se présente donc favorablement. Le système de projection d'une règle-étalon permet actuellement de tenir des tolérances déjà beaucoup plus serrées, et de toute manière, l'utilisation que l'on fait des règles de précision sur les machines à pointer ne représente qu'une grosse approximation, par rapport aux mesures scientifiques. Avec un microscope photo-électrique et une règle convenablement divisée, on obtient actuellement le centième de micron.

## L'ISOLATION DES MACHINES ÉLECTRIQUES MODERNES

par R. SAUVIN, ingénieur E.P.F., Wettingen

Dans une machine ou un appareil électrique à haute tension, l'isolation prend une des places les plus importantes. On exige d'elle de très hautes qualités diélectriques, liées à une bonne tenue mécanique, ainsi qu'une bonne résistance à la température et au vieillissement. L'industrie électrique s'est donc efforcée, en collaboration avec les fabricants de matériaux isolants, de développer des produits réunissant ces qualités, et de les adapter constamment aux exigences toujours accrues imposées par l'augmentation de la puissance unitaire des machines.

Nous étudierons tout d'abord les critères qui permettent de juger un isolant.

### A. Critères de qualité des matériaux isolants

#### 1. Rigidité diélectrique

La tension de perforation de l'isolation des machines doit être très élevée, car c'est d'elle que dépend l'épaisseur de l'isolation et une diminution de cette épaisseur se traduit immédiatement par une augmentation sensible de la puissance de la machine. Cela exige donc une isolation parfaitement homogène et régulière, dans laquelle ne puissent se produire aucune rupture ni aucune déformation dues au vieillissement et aux contraintes thermiques ou mécaniques en service. La rigidité du micafolium, par exemple, satisfait à ces exigences et dépasse la valeur de 200 kV/cm.

#### 2. Pertes diélectriques

La mesure des pertes diélectriques donne un excellent contrôle de la qualité d'un isolant. Bien que n'interve-

nant que pour une quantité négligeable dans les pertes totales, et par conséquent dans le rendement d'une machine, elles doivent être maintenues au-dessous d'une certaine valeur pour éviter tout claquage thermique. Celui-ci se produit au moment où la chaleur produite par les pertes diélectriques ne peut plus être évacuée par l'isolant, provoquant ainsi une augmentation progressive de la température jusqu'à carbonisation et perforation de l'isolation [1]. Cette tension de claquage thermique ou tension critique est donnée par la relation suivante :

$$U_c = 0,938 \sqrt{\frac{\lambda}{p_o \cdot \sigma \cdot e^{\sigma(\theta_a - \theta_o)}}} \text{ kV}$$

où :  $\lambda$  = coefficient de transmission de chaleur en  $\frac{W}{^oC \cdot cm}$

$p_o = \frac{\operatorname{tg} \delta_o \cdot \epsilon_o \cdot f}{1,8 \cdot 10^6}$  = pertes diélectriques par unité de volume ( $cm^3$ ) à la température  $\theta_o$ .

$\theta_a$  = température de l'isolant pour le calcul de  $U_c$ .

$\sigma = \frac{\ln \frac{\epsilon_a \cdot \operatorname{tg} \delta_a}{\epsilon_o \cdot \operatorname{tg} \delta_o}}{\theta_a - \theta_o}$  = coefficient de la variation des pertes diélectriques en fonction de la température.

$\epsilon$  = constante diélectrique.

$\operatorname{tg} \delta$  = tangente de l'angle de pertes.

Pour la fréquence usuelle de 50 Hz, l'expression de la tension critique se simplifie et donne :