

# Quelques données schématiques sur l'histoire de la machine-outil

Guy Adatte

La machine-outil constitue l'un des procédés mécaniques de transformation de la matière probablement l'un des plus importants et certainement aussi l'un des plus méconnus ou sous-estimés au point de vue historique, tant par les spécialistes que par le grand public.

Il nous semble donc utile d'attirer l'attention sur l'importance de la machine outil dans la première révolution industrielle qui a débuté à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et, qui beaucoup plus que les bouleversements politiques, a modifié les sociétés occidentales pour les conduire à la forme que nous connaissons de nos jours. Ce bouleversement industriel a conduit à la création de types de sociétés où la population vit, tout au moins dans les pays développés, d'une façon inconnue depuis l'origine de l'humanité au point de vue répartition des richesses et élévation du niveau de vie.

Nous ne pouvons évidemment dans le cadre d'une aussi courte étude retracer l'évolution de tous les types de machines-outils. Nous nous limiterons donc aux machines travaillant par le procédé dit "par enlèvement de copeaux" par opposition au procédé dit par "déformation" utilisé pour l'emboutissage, le laminage, le repoussage, etc ... Nous choisirons donc deux exemples typiques de machines-outils travaillant par enlèvement de copeaux, c'est-à-dire les machines de perçage, forage et alésage et les machines de tournage.

Les deux catégories de machines sont destinées à résoudre des

problèmes d'usinage relativement élémentaires mais fondamentaux soit :

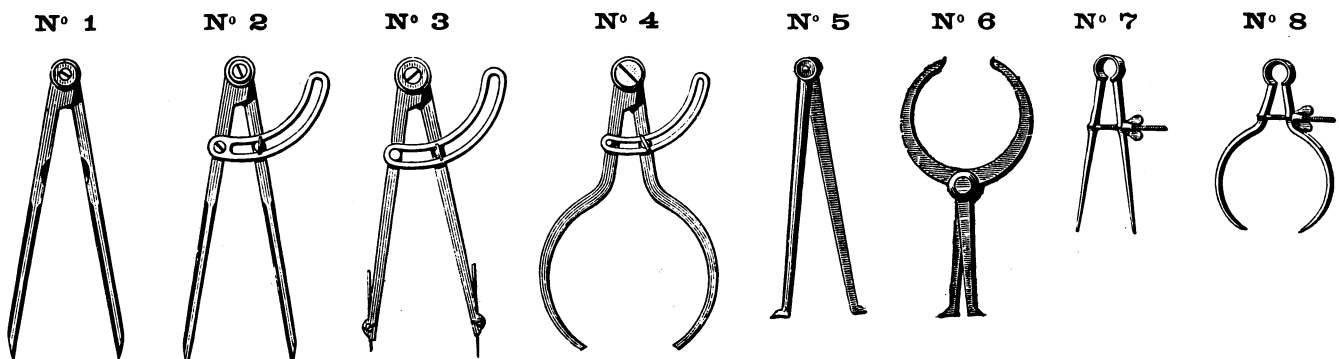
A) Percer un trou plus ou moins profond dans la matière pleine ou agrandir et régulariser un trou obtenu par exemple par fonderie (cas des canons de bronze)

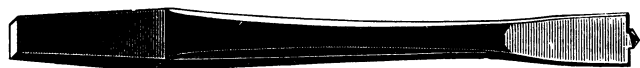
B) Réaliser à partir d'une ébauche quelconque (pièce fondue, forgée, laminée, etc ...) un corps cylindrique tel que : vis, axe, palier, etc ...

Avant d'examiner ces deux catégories de machine, il faut bien se rendre compte de l'étroite interpénétration de différentes techniques dans le développement de la machine-outil. L'histoire de la machine-outil est en effet intimement liée à celle des techniques d'élaboration des "outils coupants" et des instruments de mesure

On savait par exemple au XV<sup>e</sup> siècle produire de l'acier de cémentation mais non de l'acier fondu au carbone qui seul, après la trempe, pouvait présenter des qualités de coupe et de tenue suffisantes pour l'usinage des métaux et en particulier du fer. Ceci explique que les premiers tours capables d'usiner les métaux dans de bonnes conditions ne soient apparus que dans la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle. Dans son traité "L'Art de tourner ou de faire toutes sortes d'ouvrages au tour" édité à Paris en 1701, le père Plumier dit qu'il n'a rencontré que deux tourneurs "capables de tourner et couper vivement le fer". Probablement parce que ces artisans disposaient d'outils en acier susceptible de prendre la trempe.

## COMPAS DIVERS EN ACIER POUR MÉCANICIENS



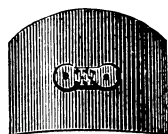


D'autre part la précision de plus en plus grande nécessaire à la construction de machines-outils de plus en plus complexes est aussi un aspect important de cette histoire. Les appareils primitifs de mesure, tels que les compas, entre-autre dit "maître à danser" *figure 1* (et qui sont d'ailleurs encore utilisés de nos jours) ne donnaient que des approximations insuffisantes. Il fallu attendre la généralisation des instruments de mesure à "Vernier" et des micromètres à partir du XIX<sup>e</sup> siècle pour voir les machines atteindre une véritable précision.

On peut imaginer par exemple un moteur à explosion, tout à fait valable dans son principe, inventé par hypothèse en 1790. le dit moteur aurait été parfaitement irréalisable à l'époque, non par manque de machines, mais par suite de la précision insuffisante de ces machines.

- *Les machines de perçage et de forage*

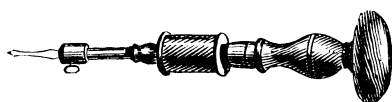
L'outil primitif de perçage était le "perçoir" préhistorique Réalisé en éclat de silex ou en os selon les matières à travailler. Cet outil a dans une certaine mesure subsisté jusqu'à nos jours sous la forme de "la pointe carrée des menuisiers que l'on trouve encore chez les quincailliers ou au rayon outillage des grands magasins. A une date déterminée est apparue dans l'antiquité la mèche ou foret "langue d'aspic" *figure 2* capable de percer le métal. Cet outil était animé d'un mouvement de rotation soit à l'aide d'une "forerie" à archet. Pour manœuvrer cette dernière, l'ouvrier appuyait la "conscience" sur sa poitrine, y logeait le porte-foret qu'il soutenait d'une main, tandis que de l'autre il imprimait le mouvement de rotation à l'outil à l'aide de l'archet *figure 3*.



PLAQUES CONSCIENCE en fer,



PORTE-FORETS ordinaires,



PORTE-FORETS à conscience, grand modèle,



PORTE-FORETS à conscience,

Les premières réalisations méritant le nom de machines-outils dans le domaine du perçage et du forage remontent au XV<sup>e</sup> siècle. Ces machines furent élaborées essentiellement pour résoudre deux problèmes : le forage ou l'alésage des canons de bronze et le forage des tuyaux de bois servant à l'adduction d'eau dans les villes.

Les machines primitives à réaliser les canons usinaient des pièces placées verticalement, disposition qui a subsisté jusqu'aux machines à forer de Maritz du XVIII<sup>e</sup> siècle, voire même jusqu'à nos jours dans certains cas. Elles étaient composées d'un chevalement de bois recevant un porte-outil généralement entraîné par un manège mu par un cheval. L'outil de forage était composé d'une tête en bois dans laquelle étaient placés des morceaux d'acier qui étaient les outils coupants proprement dits. L'effet de coupe était appliqué par le propre poids de la pièce (canon) plus ou moins équilibré par des contre-poids.

Au début de la fabrication des pièces d'artillerie (XV<sup>e</sup> siècle), le réalésage des canons consistait à régulariser plus ou moins grossièrement l'âme des pièces afin de la rendre à peu près cylindrique. Dès la deuxième moitié du XVI<sup>e</sup> siècle avec l'apparition de la notion de "calibre" et entre autres des célèbres "six calibres de France",<sup>2</sup> qui est la première tentative de normalisation connue, la nécessité d'obtenir des alésages aussi cylindriques que possible et de dimensions aussi précises que possible apparut. L'outil coupant se perfectionna et devint une tête de forage en bronze recevant des couteaux en acier. Des instruments de contrôle ou "calibre" furent créés en complément logique de cette normalisation.

Vers la fin du XVI<sup>e</sup> siècle ou au début du XVII<sup>e</sup> siècle, furent réalisés les premiers canons coulés en plein, c'est-à-dire sans noyau central réservé pour l'âme et qui devaient donc être entièrement forés. Cela supposait un sérieux progrès de l'outil de coupe qui devint ce que l'on appelle encore à l'heure actuelle la "mèche à canon" ou foret demi-rond qui permet une bonne lubrification de l'arête de coupe et surtout une bonne évacuation des copeaux (l'un des problèmes fondamentaux du forage).

Dès le premier tiers du XVIII<sup>e</sup> siècle le Suisse Jean Maritz inventa une foreuse horizontale de conception nouvelle dans laquelle la pièce tournait devant l'outil et non plus le contraire comme sur les machines précédentes. Cette disposition est toujours considéré de nos jours comme la meilleure sur les machines à forer profond pour réduire les déviations de l'outil.

En se limitant au seul domaine du forage des canons, on constate encore une fois que les progrès de la machine-outil sont inséparables des progrès des outils coupants et de la métrologie<sup>3</sup> La machine à forer de Maritz n'est en effet utilisable que si l'on dispose d'outils de coupe suffisamment performants; or, la métallurgie du XVIII<sup>e</sup> siècle savait produire, en petite quantité il est vrai, l'acier fondu au carbone.

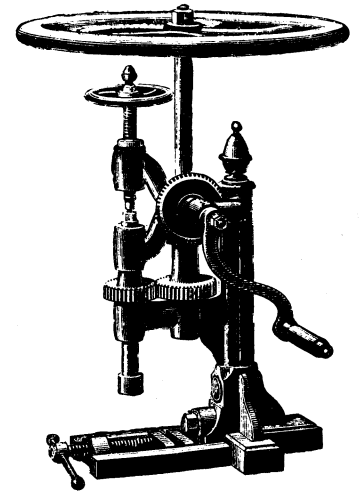
Par ailleurs les progrès des dispositifs et appareils de mesure au XVIII<sup>e</sup> siècle furent considérables. Gribeauval créateur du système d'artillerie qui porte son nom et surtout précurseur génial en ce qui concerne la standardisation, la normalisation et la fabrication de série, imposa à l'artillerie française le 7 Décembre 1765 comme unité de longueur la "Toise du Chatelet" étalonnée par la célèbre expérience de La

Condamine mesurant l'arc du méridien à l'Equateur. Gribauval fit également établir en 1789 les tables de construction de l'ensemble des matériels d'artillerie en service. Ces tables donnaient non seulement les diverses dimensions à respecter mais en outre les tolérances (notion fondamentale) dans lesquelles devaient se tenir les plus importantes d'entre-elles. Les tables spécifiaient également les divers instruments devant servir aux vérifications.

Au sujet de ces instruments de mesure on relèvera que "l'étoile mobile" dont disposaient les officiers contrôleurs de Gribauval pour mesurer l'âme des canons (appareil divisé en ligne et demi-ligne) ne permettait guère que des mesures à moins de deux points soit environ 1/2 millimètre alors qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle les instruments de "l'Atelier de Précision de l'Artillerie" dit de "St Thomas d'Aquin" permettaient, grâce à leur système à Vernier, la lecture du 1/10<sup>e</sup> de millimètre. Vers 1850 on atteignit une précision de lecture réelle du 1/100<sup>e</sup> de millimètre. A titre d'exemple de l'augmentation des exigences sur la précision des fabrications d'armement, on notera que la tolérance sur le diamètre intérieur des canons de fusils, passe de 0,6 mm pour le fusil modèle 1777 (calibre 18 millimètres) à 0,1 mm pour le fusil Chassepot modèle 1866 (calibre 11 millimètres). La précision des machines-outils utilisées pour ces fabrications a évidemment augmenté dans les mêmes proportions.

La machine à aléser les canons donnera directement naissance à la machine à aléser les cylindres de machines à vapeur. Les travaux théoriques d'un Denis Papin par exemple, n'avaient pu déboucher sur des réalisations concrètes faute de son époque, manque de moyens d'usinage permettant de fabriquer des cylindres avec un minimum de précision pour assurer une étanchéité convenable.

C'est l'anglais John Wilkinson, inventeur d'une machine horizontale à forer les canons dérivée de la machine de Jean Maritz, qui, le premier modifiera cette foreuse pour l'adapter



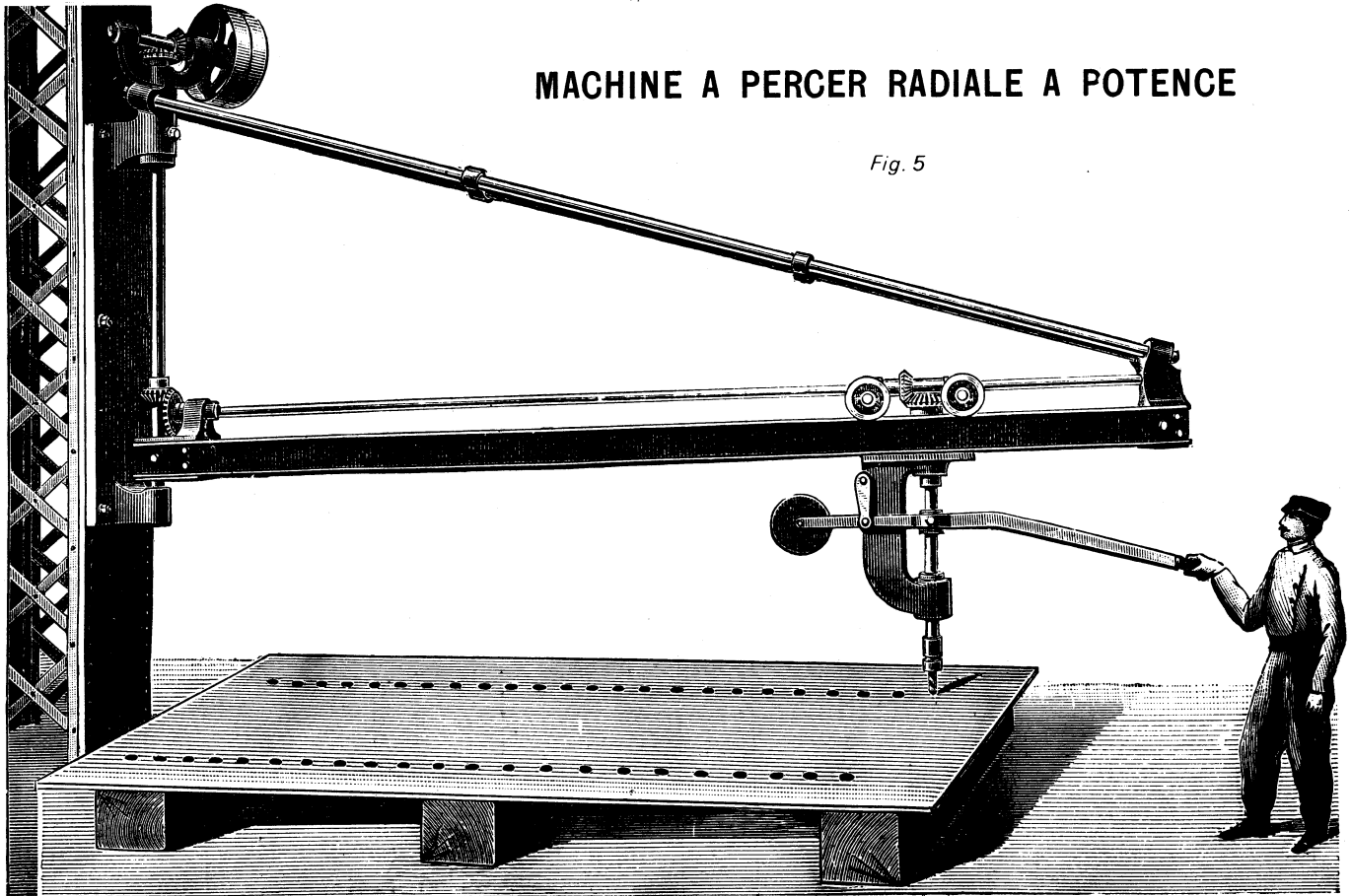
MACHINE A PERCER

Fig. 4

à l'alésage des cylindres de machines à vapeur. En passant, il est amusant de constater que la question très controversée des "retombées" des progrès de l'industrie de l'armement sur les progrès de l'industrie civile peut se prévaloir de précédents historiques.

Si nous revenons maintenant sur le problème du perçage simple que nous avons vu primitivement résolu au moyen de la forerie à archet et "conscience" on constate qu'il faut attendre l'extrême fin du XVIII<sup>e</sup> siècle pour voir apparaître les premières machines à percer ou "forerie" dignes de se nom. Ces machines généralement commandées à la main par un système volant-manivelle subsisteront sous une forme pratiquement inchangée jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle. *Figure 4.*

Sans nous étendre sur les développements annexes de la perceuse (perceuses radiales, perceuses pour la chaudronnerie ou pour la charpente en fer *Figure 5* etc ...), nous examinerons

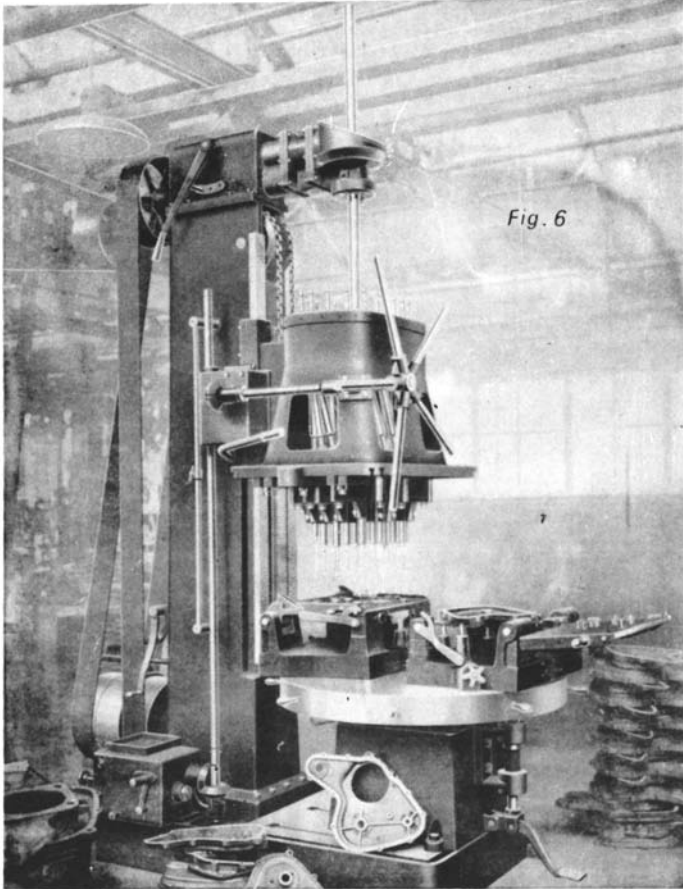


MACHINE A PERCER RADIALE A POTENCE

Fig. 5

les perceuses dites "multiples" qui sont un bon exemple de machines spéciales développées pour les besoins des fabrications de masse en grande série, apparues vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, et aboutissement logique de la première révolution industrielle.

Les premières perceuses multiples furent réalisées par les Américains pour les besoins des fabrications d'armement pendant la guerre de Sécession. Il y aurait d'ailleurs des volumes à écrire sur le formidable essor technologique engendré aux Etats-Unis par la guerre de Sécession en particulier dans le domaine de la machine-outil. En Europe, les premières perceuses multiples furent employées vers les années 1880 pour le perçage en grande série des brides de tuyaux et autres pièces similaires. Vers 1910, les Américains créèrent de nombreux modèles de perceuses multiples, essentiellement à l'usage de l'industrie automobile naissante. La figure 6 montre une perceuse multiple



américaine Natco employée chez Ford à Détroit pour le perçage des carters de boîtes de vitesses de la célèbre voiture Ford modèle T. Cette voiture étant le premier exemple au monde de fabrication en très grande série par des méthodes qui sont l'explication des théories de Taylor et qui n'ont guère changé dans cette industrie jusqu'à nos jours.

Vers cette même année 1910, l'introduction également par Taylor des aciers dits "rapides" pour les outils coupants bouleversa les méthodes d'usinage non seulement dans le domaine du perçage mais également dans tous les autres. Ces nouveaux aciers permettaient d'obtenir des vitesses de coupe et d'avance infiniment plus élevées que celles permises par l'acier fondu. Les aciers rapides furent eux mêmes progressivement détrônés à partir des années 1930 par les outils en carbure de tungstène mis au point en Allemagne par Krupp et qui autorisaient des vitesses encore bien plus grande que l'acier rapide.

Le développement logique de la perceuse multiple était "l'unité d'usinage" permettant des combinaisons variées pour la réalisation des machines spéciales et en particulier des "machines transfert" dont on connaît l'emploi surtout dans l'industrie automobile pour l'usinage complet de culasses de moteurs, de carters de boîtes de vitesses, etc ... Ces machines sont apparues à la fois aux Etats-Unis et en Europe vers les années 1930-1935.

De nos jours, comme toutes les autres méthodes d'usinage, le perçage fait appel à la commande numérique, dans les "centres d'usinage" par exemple le perçage n'est que l'une des nombreuses opérations que la machine est capable de réaliser, outre le fraisage, l'alésage, le limage, etc ... Sur ces nouvelles machines dites "centres d'usinage" une pièce complexe peut-être usinée entièrement sans intervention de l'opérateur.

### *Les machines de tournage*

Le tour est à juste titre considéré comme la machine-outil "mère" de laquelle sont issus tous les autres types de machines. Certains estiment que sous la forme de tour de potier ou du tour à archet c'est la plus ancienne machine-outil connue. Les civilisations de l'Antiquité : Egyptienne, Romaine, etc ... l'ont utilisé. Il nous semble toutefois que les peuples du bassin de la Méditerranée ne furent certainement pas les seuls à connaître cette machine et nous nous aventurons à dire que les Gaulois, les Germains et les Scythes devaient sans doute utiliser des tours à bois du type à verge et à pédale relativement plus évolués que ceux des Romains par exemple. En effet les découvertes archéologiques montrent que ces peuples (les Gaulois surtout) possédaient une technique beaucoup plus avancée du charonnage et de la construction des voitures que les peuples méditerranéens. Cela suppose une bonne technique du tournage des moyeux des roues, des essieux et des rais.

Le tour primitif ou à archet était composé de deux supports en bois jouant le rôle de poupée et de contre-poupée et entre lesquels la pièce à tourner était maintenue entre pointes. Ces poupées et contre-poupées étaient fixées sur une simple poutre de bois tenant lieu de banc. Une corde maintenue dans un arc ou archet était enroulée autour de la pièce de façon analogue à celle décrite plus haut pour les foreries à "conscience". Un aide manœuvrait cet archet et imprimait à la pièce un mouvement alternatif de rotation tandis que le tourneur maintenait l'outil de tournage, dit également "crochet" sur une barre de bois horizontale jouant le rôle du support d'outil.

Un premier perfectionnement apparut vers le XIII<sup>e</sup> siècle ou le XIV<sup>e</sup> siècle avec le tour à verge ou à perche. La commande de la machine est réalisée à l'aide d'une perche ou verge en bois élastique fixée par une de ses extrémités à une poutre du plafond de l'atelier. Cette perche est munie d'une corde (le plus souvent une corde à boyau) qui vient s'enrouler autour de la pièce à travailler et qui est attachée à une pédale fixée au bâti du tour. L'ouvrier tourneur manœuvre donc du pied le système d'entraînement ce qui lui laisse les deux mains libres pour conduire son outil. Ce type de tour à persisté sous une forme pratiquement inchangée jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle pour le travail du bois.

Les deux systèmes à archet et à verge avaient l'inconvénient d'imprimer à la pièce un mouvement de rotation alternatif ne permettant à l'outil que de couper pendant la moitié de la rotation de la pièce. D'autre part, cette disposition avait aussi l'inconvénient de ne pas permettre l'usinage de pièces lourdes, et à fortiori de pièces en métal.

On a donc cherché très tôt (XVI<sup>e</sup> siècle) un moyen d'obtenir la rotation continue de la pièce montée sur le

tour. Ce but fut atteint par deux systèmes : le volant à manivelle et la pédale avec volant d'inertie.

Le volant à manivelle consistait simplement en une grande roue disposée à l'arrière du tour, manœuvrée par un aide du tourneur, et qui actionnait la machine par l'intermédiaire d'une corde à boyau ou d'une courroie. Curieusement, ce système a été utilisé jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle dans les petits ateliers, comme le montre la gravure de la *figure 7* extraite d'un catalogue datant de 1896.

### ROUES DE VOLÉE A CORDE OU A COURROIE

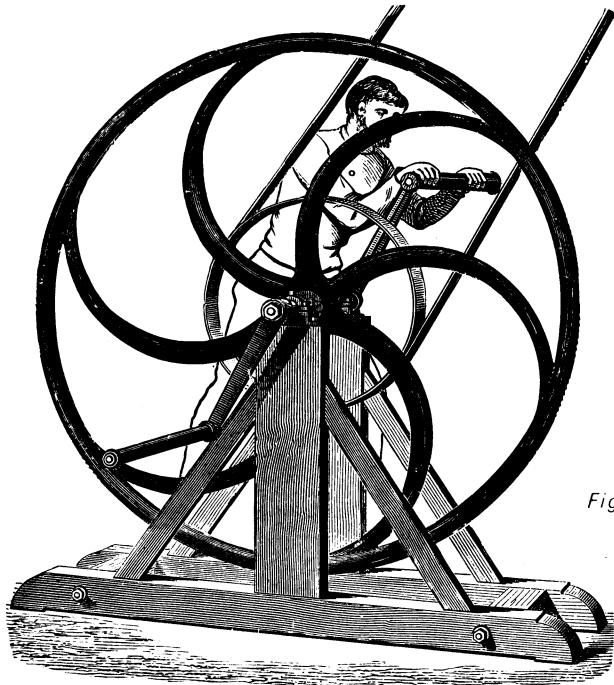


Fig. 7

Le tour à pédale avec le volant d'inertie fonctionnait à la manière des machines à coudre de nos grands-mères. Le volant d'inertie entraînait le plus souvent directement la corde ou la courroie de commande de la broche. Ce type de tour à rotation continue permettait déjà dans certaines conditions le travail des métaux et alliages non ferreux (cuivre, laiton, bronze, étain). Le banc de la machine était, à l'origine, en bois. La poupée et la contre-poupée étaient en métal, quelquefois en fonte, le plus souvent en bronze. A la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle les bancs furent constitués de poutres de bois recouvertes de plaques de fer. Les bancs de tours en fonte

### TOURS SIMPLES OU BIDETS (Marchant au Pied)

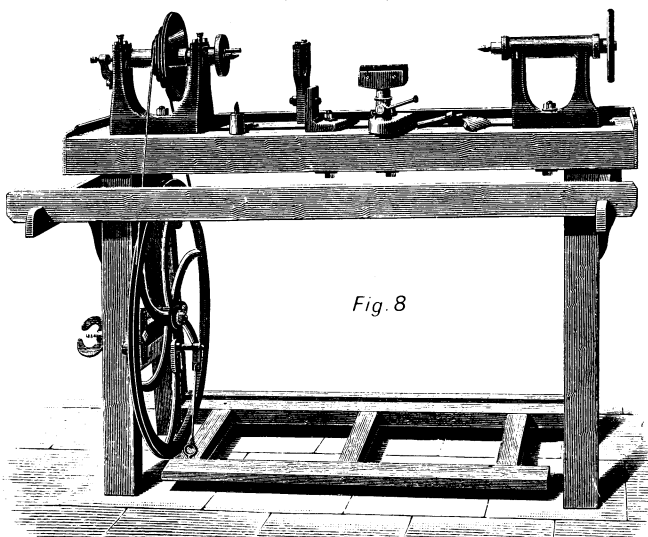


Fig. 8

n'apparurent qu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Leur usinage avait été rendu en effet possible à cette époque par la création d'une nouvelle machine : la "raboteuse" seule capable de dresser et surfer mécaniquement des pièces aussi encombrantes.

Sous la forme décrite ci-dessous, le tour simple à pédale ou "bidet" *figure 8* fut utilisé jusqu'à la guerre de 1914/1918 pour le tournage du bois ou bien du bronze, par exemple en lustrerie.

Nous avons rencontré des artisans bronziers qui, à l'heure actuelle, emploient encore de vieilles machines de ce type.

Un progrès décisif fut accompli vers 1740 par l'invention du porte-outil ou "support à chariot" *Figure 9* qui permettait de déplacer l'outil dans deux directions, non plus à main levée, mais mécaniquement et de façon précise. Le "support à chariot" rendait possible le tournage du fer et de l'acier.

Cette invention est due aux horlogers. L'apport de l'horlogerie au perfectionnement des machines-outils est considérable. Les horlogers furent avec les armuriers et les serruriers les premiers artisans à travailler le métal par "enlèvement de copeaux" et les premiers à rechercher une précision de plus en plus grande des pièces qu'ils usinaient. Ils furent conduits à créer, pour satisfaire ces besoins de

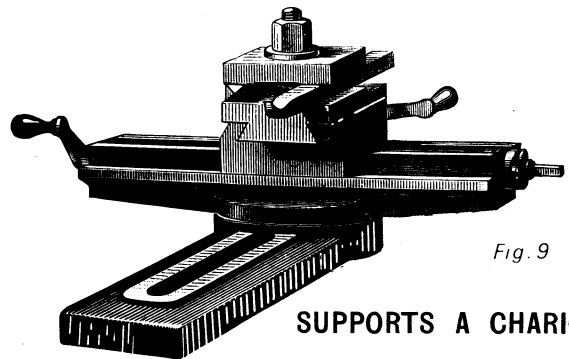


Fig. 9

### SUPPORTS A CHARIOTS

précision, quantité de machines qui servront de modèle aux machines de dimensions plus importantes réalisées ultérieurement pour la mécanique générale, telles que : tailleuses d'engrenages, tours à diviser, rectifieuses d'engrenages à la fraise (machines à arrondir les pignons) etc....

Le principe du porte-outil ou "support à chariot" fut repris et amélioré sur les tours du Français Vaucanson et de l'Anglais Maudslay créés entre 1760 et 1780 et qui sont les premiers tours méritant le nom de machines-outils au sens moderne du terme. Un perfectionnement très important de ces machines résidait dans la présence d'une "vis-mère" entraînant le porte-outil le long du banc par l'intermédiaire d'un train de roues d'engrenage relié à la broche de la poupée et permettant, soit le chariotage avec avance automatique, soit le filetage des vis longues. Ce nouveau type de tour présentait déjà toutes les caractéristiques du "tour parallèle" actuel. Il évolua lentement au cours du XIX<sup>e</sup> siècle *figure 10* et ne fut nettement amélioré qu'au cours de la guerre 1914/1918 au moment de la généralisation de l'emploi des outils de coupe en acier rapide. Le tour parallèle, comme nous l'avons vu, était capable d'usiner des vis longues; or, ce problème de l'usinage des vis avait été pendant des siècles la pierre d'achoppement des créateurs de machines. Au reste, le tournage des vis représente un sujet d'étude d'archéologie technique des plus intéressants dans deux domaines :

1 - la production des vis de dimensions relativement importantes entrant dans la composition de machines telles que pressoirs, balanciers monétaires, presses à imprimer et bien entendu machines-outils elles-mêmes.

2 - La production des vis de petites dimensions servant à

## TOURS PARALLÈLES

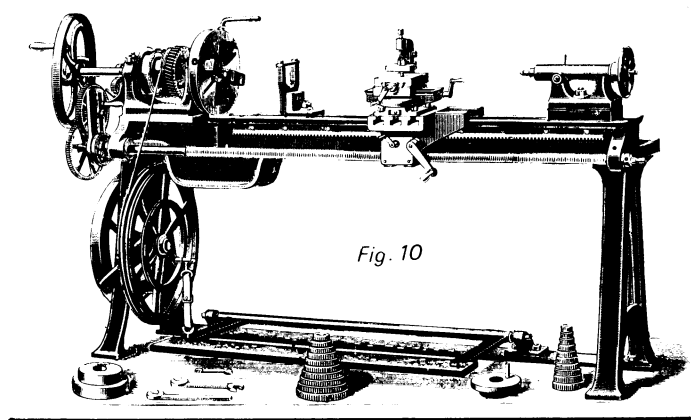


Fig. 10



Fig. 11

l'assemblage des pièces composant les horloges, les montres, les fusils, les pistolets, les serrures, etc ... Ce dernier domaine est du reste moins connu que le premier.

Avant l'apparition du tour parallèle, l'usinage des vis de grandes dimensions destinées par exemple aux presses à imprimer présentait de sérieuses difficultés. Pratiquement ces vis ne pouvaient être réalisées qu'en bois au dessus d'un certain diamètre.

Dès le XVI<sup>e</sup> siècle, il y eut des tentatives de construction de tours spéciaux pour l'usinage des vis. Nous ne citerons que pour mémoire le tour à deux vis-mères dessiné par Léonard de Vinci dans son manuscrit B. Il s'agit là d'une anticipation d'un esprit brillant et remarquable, mais la machine en question aurait été parfaitement irréalisable avec les moyens d'usinage connus à l'époque de Vinci, sans compter le cercle vicieux que représentait la fabrication des vis-mères. Un autre exemple bien connu de machine à fileter les vis au XVI<sup>e</sup> siècle est le tour figurant dans le livre de Jacques Besson "Le Théâtre des Instruments Mathématiques et Mécaniques" publié en 1578. Le dessin montrant cette machine est assez précis et suggère que ce tour a pu être effectivement construit, mais rien ne permet de l'affirmer.

En fait, pendant très longtemps les vis de grand diamètre n'ont pu être produites que par des moyens assez primitifs. La méthode la plus courante consistait à tracer sur un papier un rectangle dont les dimensions du plus petit côté correspondaient à la circonférence de la pièce cylindrique ébauchée. Des lignes transversales étaient ensuite tracées sur ce rectangle pour figurer les filets au pas à réaliser. Le papier était alors enroulé et collé sur la pièce montée sur le tour et le filetage usiné tant bien que mal à la râpe, à la lime ... Le filetage intérieur de l'écrou correspondant à la vis était obtenu en logeant dans la vis elle-même un ou plusieurs grains coupants en acier qui la transformait temporairement en taraud. Pour les vis de petit diamètre le filetage était généralement terminé au peigne sur le tour.

Au cours des âges, de très habiles techniciens étaient arrivés à produire des vis de plus en plus précises au prix de longs efforts et grâce à une très grande adresse manuelle. Ce fut le cas, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle dans le domaine des machines d'horlogerie et surtout dans celui des instruments de mesure destinés à la géodésie et à la marine. On parvint ainsi à disposer en quelque sorte d'étalons qui allaient servir à la fabrication des premières "vis-mères" véritables de machines-outils.

La nécessité de fabriquer des vis de petites dimensions destinées à l'assemblage des pièces d'armurerie, d'horlogerie, etc ... se fit sentir dès le début du XVI<sup>e</sup> siècle quand on commença à produire des horloges et des armes à feu digne de ce nom. Les horloges de table, ancêtres des montres, produites par exemple à Blois vers 1540 et les platines de pistolets à mécanisme à rouet produites par exemple à Nuremberg à la même époque, nécessitaient déjà l'emploi d'assez nombreuses vis de faibles dimensions. Si le tournage de ces vis sur de petits tours à archet ne présentait pas de difficultés notables, il n'en allait pas de même du filetage. La méthode du papier collé décrite plus haut était pratiquement inapplicable à des pièces aussi petites. On eut donc recours à deux autres méthodes. La première méthode consistait à exécuter à l'aide d'un taraud une "filière" en acier que l'on cémentait et trempait. Les filières primitives étaient probablement du type "truelle" Figure 11 dont l'usage a persisté en serrurerie jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle. Le filetage avec ces filières présentait de nombreux défauts. Le plus souvent, en effet, le filetage se trouvait excentré par rapport à la tête de la vis, ce qui n'était pas grave lorsque cette vis ne servait qu'à l'assemblage de deux pièces, mais entraînait des inconvénients lorsqu'il s'agissait d'une vis à portée servant de pivot, par exemple à un rouet d'arquebuse. Ce n'est qu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, grâce aux progrès réalisés dans la conception des machines-outils, que l'on sut faire des filières convenables. Leur emploi se généralisa alors pour le filetage des petites vis, entre autres dans les manufactures d'armes (Charleville, Versailles, Maubeuge).

La deuxième méthode, plus précise et plus fréquemment employée consistait à se servir d'un petit tour à broche coulissante. La vis ébauchée était serrée à une extrémité de la broche du tour dans un mandrin à quatre vis dit "tête de chat". L'autre extrémité de la broche était munie d'un taraud jouant le rôle de vis-mère courte et s'engageant dans un écrou qui constituait le palier arrière de la poupée. Cet écrou était généralement en bois dur, quelquefois en bronze. La pièce, mise en rotation par l'archet, se déplaçait donc devant l'outil maintenu fixe à la main dans une encoche du support. Le filetage était dégrossi au burin triangulaire et terminé au peigne. Il est évident que par cette méthode l'habileté de l'opérateur jouait un très grand rôle pour l'obtention de filetage corrects.

Un perfectionnement de ce système apparut dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, lorsqu'on produisit des tours à broche coulissante munie de plusieurs vis-mères courtes ou "patronnes" permettant de fileter des pas différents sur la même machine. Il est à noter que le principe du tour à broche coulissante fut utilisé jusqu'à nos jours, en particulier sur des petits tours suisses de haute précision, pour le filetage de pièces d'optiques (corps d'objectifs photographiques, etc ...) A l'heure actuelle, où une petite vis produite en séries énormes et à des cadences torrentielles par les machines automatiques modernes de frappe et de roulage est un objet de si faible valeur que personne n'y prête pratiquement attention on a peine à imaginer le mal qu'avaient nos ancêtres à le produire.

Dès le début de la première révolution industrielle, c'est-à-dire à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le besoin de produire en grande série des vis de petit diamètre devint impérieux. A titre indicatif de ces besoins, on notera que le fusil réglementaire système Gribeauval qui servit à faire toutes les guerres de la Révolution et de l'Empire, fut produit entre 1777 et 1815 à plus d'un million d'exemplaires, ce qui pour l'époque était considérable.

On chercha donc à usiner des vis complètement terminées à partir d'une barre de métal. Ce fut la naissance des tours dits "semi-automatiques" ou à "décolleter".

Le premier exemple connu de ce type de machine est le "tour à barre" dit également "tour parisien" *Figure 12*. Cette machine semble être apparue à l'extrême fin du XVIII<sup>e</sup> siècle ou au tout début du XIX<sup>e</sup> siècle. Le tour parisien permettait le travail "en l'air", c'est-à-dire la pièce n'étant pas soutenue par

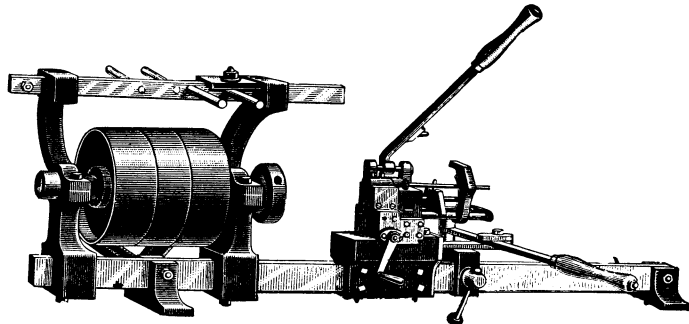
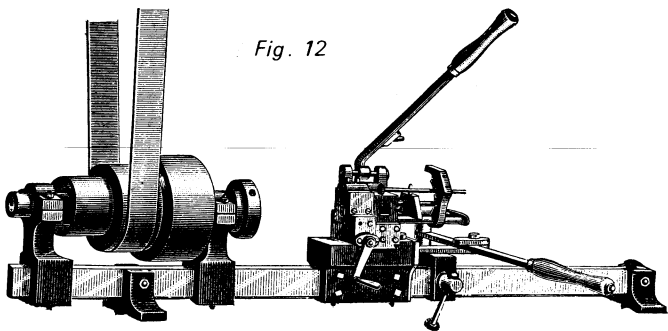


Fig. 12



une courte-pointe. La barre, serrée dans un mandrin à deux mors, était maintenue au ras des outils de tournage par un "canon" de guidage ce qui permettait de charioter des pièces relativement longues. Le déplacement longitudinal du chariot s'effectuait à l'aide d'un grand levier ou le plus souvent au moyen d'une ceinture entourant la taille de l'ouvrier ce qui lui laissait les deux mains libres pour manœuvrer les divers supports d'outils. Le, ou les filetages étaient réalisés sur la machine elle-même grâce à des filières, le vissage et le devissage de la pièce dans la filière étant obtenu par inversion du sens de rotation de la broche par un système de poulies fixes et folles.

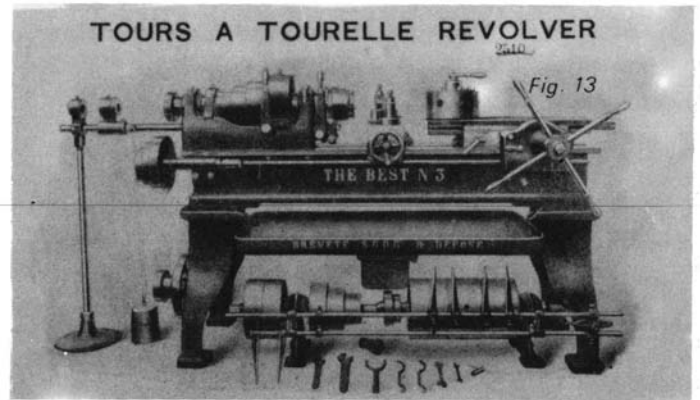
Bien que de construction simple et d'aspect étrange cette machine est remarquable dans son principe. C'est le premier exemple connu de tour où plusieurs outils peuvent travailler simultanément sur une même pièce ce qui procure une productivité élevée. Le tour à barre ou parisien a été utilisé : par les ateliers de décolletage de la région parisienne en particulier, jusque dans les années 1960 sous une forme évidemment un peu améliorée (poupée à moteur électrique, etc...). Entre les mains de régleurs et d'ouvriers habiles, cette machine donnait des résultats étonnants. Ceci, il est vrai, au prix d'acrobaties et "d'astuces" techniques typiques du reste de l'ouvrier parisien. Nous nous souvenons personnellement d'avoir vu il y a une vingtaine d'années dans des ateliers de décolletage du 11<sup>e</sup> arrondissement de Paris des tours à barres produisant des pièces à première vue irréalisables sur ces machines (arbres de petits moteurs électriques, voire même antennes pour postes de radio pour automobiles !).

On cherche à appliquer à l'usinage de pièces plus grosses que les pièces dites de "décolletage" les méthodes de tournage utilisant plusieurs outils à la fois. Le problème fut résolu aux Etats Unis pendant la guerre de Sécession avec le tour dit à "revolver" inventé par Brown et Sharpe et qui fut

abondamment copié tant en Amérique qu'en Europe *Figure 13*. Le tour était pourvu d'une tourelle située face à la broche et qui présentait successivement les différents outils sur la pièce à usiner et dont l'évolution était commandée semi-automatiquement par un système rappelant celui des revolvers Colt, d'où son nom. Ce type de tour est l'ancêtre d'une lignée très importante et de nos jours les tours les plus évolués à commande numérique n'ont pas dans leur principe (sinon évidemment dans leur dispositif de commande) une architecture fondamentalement différente de celle du tour de Brown et Sharpe.

On cherche naturellement aussi à rendre entièrement automatique le fonctionnement des tours produisant des petites pièces de visserie ou décolletées. Les premiers tours automatiques apparurent sensiblement à la même époque aux États-Unis et en Suisse.

En Amérique, ce fut pendant la guerre de Sécession que



Spencer inventa le premier tour automatique à cames tambours fonctionnant correctement. Ce fut pour répondre aux nécessités de la fabrication en grande série de la carabine à répétition qu'il avait inventé que Spencer créa son tour automatique (300 000 exemplaires de la carabine Spencer furent fabriquées pour la cavalerie nordiste américaine.)

En Suisse, c'est pour la fabrication des petites vis destinées à l'industrie horlogère, que Junker inventa vers 1870 la "décolleteuse" automatique à poupée mobile. Cette machine fonctionnait suivant un principe assez voisin de celui employé sur le tour parisien. La barre à usiner était soutenue également par un "canon", mais, sur la machine suisse, c'était la poupée et non plus le chariot qui se déplaçait devant les outils pour l'opération de chariotage. Cette disposition s'est avérée très favorable à la précision et a fait la réputation de ce type de machine. Les tours automatiques à poupée mobile sont toujours fabriqués de nos jours sous une forme perfectionnée et les derniers modèles apparus récemment (1976-1978) font appel à la commande numérique (C.N.C.).

D'autres types de tours automatiques furent inventés aux États-Unis, entre autres en 1895 le tour à revolver Brown et Sharp. Ce tour n'était au fond qu'une version complètement automatisée au moyen d'un arbre à cames du tour revolver semi-automatique. Il comportait néanmoins de nombreuses dispositions très nouvelles telles que la commande ultra rapide de l'indexation de la tourelle par un système à croix de Malte.

Vers 1900, l'Américain Gridley créa le tour automatique multibroche capable d'usiner simultanément, tout d'abord quatre, puis, plus tard, six ou huit barres portées par autant de broches disposées dans un barillet tournant et autour duquel étaient répartis les porte-outils. Le principe du tour multi-

broche avait inspiré à Gridley par celui de la mitrailleuse Gatling employée par les Nordistes pendant la guerre de Sécession. On peut du reste dire que le tour multi-broche système Gridley est une véritable mitrailleuse à produire des pièces décollées en très grande série.

D'autres types de tours spécialisés créés au XIX<sup>e</sup> siècle mériteraient eux aussi de longs développements dépassant largement le cadre de cette courte étude. Nous pensons en particulier aux tours verticaux, aux tours de production, aux tours spéciaux à usiner les roues et essieux de wagons et de locomotives, etc...

De nos jours, le tour reste encore la machine de base de la mécanique générale. Il a bénéficié depuis le début de la deuxième révolution industrielle, c'est-à-dire depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, de tous les perfectionnements apportés par les nouvelles techniques de l'hydraulique, etc... mais surtout par les progrès de l'électronique et de l'informatique. A l'heure actuelle même les tours destinés à des fabrications de grande série pour l'industrie automobile par exemple commencent à être équipés de commandes numériques, systèmes déjà appliqués depuis les années 1960 aux tours destinés à des fabrications en série, petites ou moyennes.

Aujourd'hui les progrès de la machine-outil suivent la courbe générale des progrès de toutes les autres techniques. Le stade de l'automatisation des mouvements proprement dits de la machine-outil est atteint depuis longtemps dans la plupart des cas et ceci par des moyens qui ne sont plus entièrement mécaniques mais surtout électroniques.

Les "Automates programmables", capables de donner des directives à plusieurs machines à la fois, complètent pour les productions de masse les commandes numériques (aujourd'hui pour la plupart du type C.N.C.) appliquées aux productions moyennes. Des essais sont en cours de D.N.C. c'est à dire de commande directe de plusieurs machines d'un même atelier à partir d'un ordinateur.

Tous ces progrès tendent à rendre les machines non seulement plus productives, mais encore plus "fiabiles", pour employer

un mot à la mode. Une machine à commande numérique correctement programmée élimine pratiquement les risques d'erreurs dues à l'opérateur dont le travail se réduit à un rôle de surveillance passive et aussi tout au plus à la mise en place de la pièce ébauchée et à l'enlèvement de la pièce terminée. Un autre domaine actuel de recherche concerne la commande dite "adaptative", qui pour le moment n'est pratiquement pas employée sur une échelle industrielle réelle, mais qui semble promettre beaucoup. La commande "adaptative" doit permettre à la machine outil de se corriger elle-même, c'est-à-dire "d'adapter" son fonctionnement en tenant compte des différents paramètres rencontrés en cours de travail, tels que variation de dureté de la matière à usiner, usure de l'outil, etc... En pratique cela revient à supprimer les dernières interventions restant encore la prérogative de l'opérateur. La machine devient, si l'on peut dire, "intelligente" car elle est capable de réagir sur son propre fonctionnement en interprétant un certain nombre de signaux. (feed back contrôle).

La responsabilité du fonctionnement des machines-outils se trouve donc de plus en plus enlevée aux praticiens de l'atelier pour être transférée vers les bureaux de méthodes et de programmation. Le contact homme/matière encore très étroit au début du siècle disparaît presque totalement au profit d'un travail abstrait mais au fond très répétitif. On peut imaginer que dans une époque proche, les seuls travaux manuels effectués sur les machines-outils seront ceux ayant trait à leur entretien. Ce progrès répond sans doute à l'allergie de plus en plus grande des populations des pays développés à la fatigue, tant intellectuelle que physique, mais il est dans une certaine mesure inquiétant.

Nous sommes arrivés à une époque où l'ouvrier "spécialisé" et le "programmeur" sur machine à commande numérique, retrouvent en fin de semaine avec plaisir la machine-outil simple sous la forme de la perceuse électrique ou de la scie circulaire du bricoleur du Dimanche.

Mais ceci est une autre histoire....

## GRANDS TOURS EN L'AIR A CYLINDRER ET A FILETER

A BANC COULISSANT ET A PLATEAU DENTÉ

