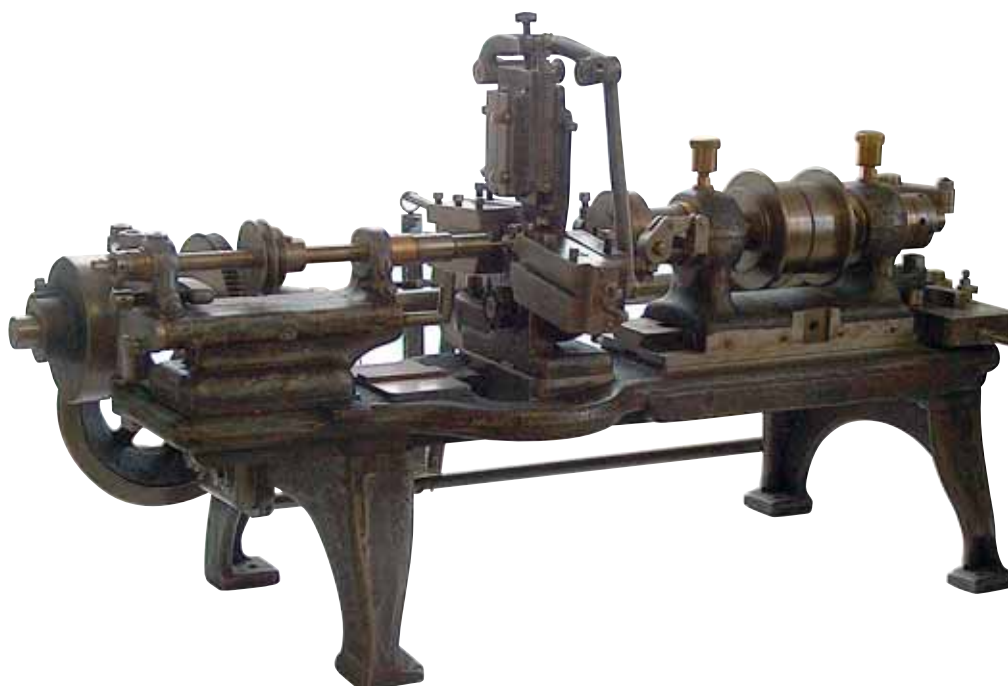




## LA MACHINE-OUTIL EN SUISSE: HISTOIRE ET PERSPECTIVES

**La plupart des constructeurs de machines-outils de Suisse ont commencé leurs activités au début du 20e siècle, essentiellement pour répondre à un urgent besoin en équipements de précision, destinés à la production en série de composants pour l'industrie horlogère. C'est en effet au début de ce siècle que des fabricants suisses de machines-outils ont ainsi commencé à se profiler, d'abord dans le cadre du marché suisse, puis de plus en plus sur les marchés mondiaux, pour la production de pièces mécaniques de précision.**

*Edouard Huguelet, rédacteur MSM – Le Mensuel de l'Industrie*



Tour Junker 1900

Les «terreaux» de prédilection des constructeurs de machines de Suisse romande étaient conditionnés essentiellement par la pré-existence d'une industrie horlogère prospère. Donc forcément là où elle était fortement implantée: au Jura, dans les hauts du canton de Neuchâtel (Le Locle notamment), à Bienne et à Genève.

L'industrie de la machine-outil a pour origines la Grande-Bretagne, l'Allemagne, la France et les USA. Ce n'est que relativement tardivement (fin du 19e siècle, mais surtout début du 20e siècle) qu'elle s'est implantée en Suisse romande, et comme précisé dans l'en-tête de cet article, essentiellement sous

l'impulsion d'une industrie horlogère alors en pleine expansion, passant du stade artisanal au stade industriel.

Fait assez remarquable, ces entreprises ont pour leur grande majorité, réussi à «tenir le coup» durant les périodes difficiles marquées par le chômage, entre 1929 et 1940. Il faut dire qu'à partir de la fin des années 30 et même durant la Seconde Guerre mondiale, l'industrie des pièces d'armement (par exemple les composants de fusées d'obus – mécanismes apparentés à l'horlogerie) a carrément explosé. Beaucoup de petits industriels de la région de Moutier ont fait rapidement fortune durant cette



Usine Petermann en 1918

brève période (et parfois l'ont tout aussi vite dilapidée), vendant leur production aux futurs belligérants, lesquels étaient plus axés sur les quantités et les délais de livraison que sur les prix. Certaines «mauvaises langues» estiment d'ailleurs que le bombardement méticuleux des gares de Moutier et de Renens par les Alliés, intervenu à la fin de la guerre, fut une «bavure préméditée», une concentration de wagons pleins de pièces décollées à destination de l'Allemagne (pas spécialement destinées à la fabrication de jouets), étant plus particulièrement visée.

### La «première vague» de constructeurs de machines

C'est ainsi qu'à Moutier naît l'industrie du tour automatique à poupée mobile (voir encadré «Les tours automatiques Swiss Automatic Lathe»), des machines fabriquées par trois constructeurs concurrents. A Moutier toujours, un autre constructeur de machines, auparavant actif dans la fabrication d'étampes et de matériel d'armement, se met à construire des perceuses d'établi, des perceuses sur socle, des perceuses-alésoires verticales, des tours à chariotier et des fraiseuses à console. Deux autres entreprises, l'une produisant des perceuses et des fraiseuses,

l'autre des alésoires-pointeuses, démarrent également leurs activités au Locle, la deuxième citée étant confrontée à un concurrent implanté à Genève. A Tavannes, on trouve un constructeur de tours automatiques multibroches verticaux (pour la fabrication de composants de boîtes de montres et de pièces d'appareillage et d'armement) et de tours à poupée mobile pour pièces de forme longue (évidemment prédestinés entre autre à la production de pièces d'armement). Une fabrique de fraiseuses s'établit à Bienne. A Bévilard, une entreprise réalise des automates pour le taillage de la denture de pignons pour l'horlogerie. A la Chaux-de-Fonds, on trouve un constructeur de rectifieuses cylindriques, à Genève, une entreprise réalisant des machines d'usinage par électro-érosion. Le dense tissu industriel de l'Arc jurassien est désormais en place: non seulement l'horlogerie avec ses branches annexes (décolletage, fabrication de roues et pignons, découpage, ébauches et finition) et les machines-outils, mais aussi les constructeurs d'outillage, d'appareils de mesure dimensionnelle et de métrologie. En relation avec ces développements, diverses entreprises industrielles, actives dans la fabrication d'outils et d'accessoires de machines, voient également le jour.



Décolleteuse P16

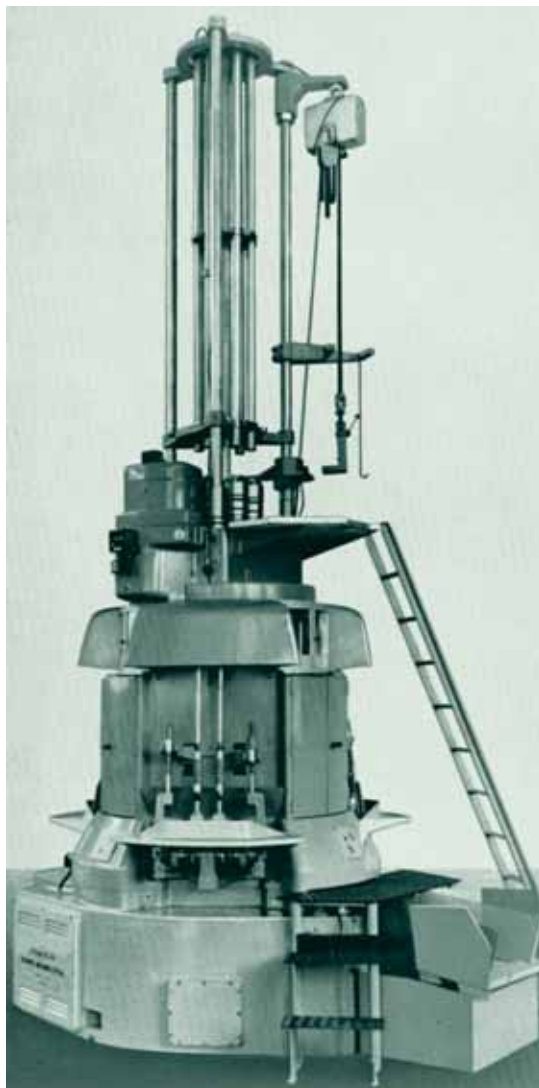
Assez curieusement, les spécialités industrielles sont réparties selon des critères géographiques: le décolletage essentiellement concentré à Court et à Moutier, la fabrication de pignons et roues d'horlogerie à Malleray et Bévillard, les manufactures horlogères dans la Vallée de la Suze, à Moutier, à Tavannes, à Reconvilier, dans la Vallée de Joux, à Tramelan, à Genève et à Bienne; la pendulerie à Moutier, dans la Béroche neuchâteloise et au Locle; les mouvements à musique à Sainte-Croix et alentours, les constructeurs de machines-outils dans la Vallée de la Birse (Moutier, Bévillard, Tavannes), à Bienne, à Genève et dans les Montagnes neuchâteloises, les fabricants de boîtes de montres dans la Vallée de la Sorne et à Bienne, les ateliers de polissage et les pierristes en Ajoie.

### La «deuxième vague» et la commande CNC

Dès le début des années 70, apparaissent les premières machines à commande CNC. Dans le domaine du tournage, Schaublin (Bévillard) met au point le premier tour à commande CNC au monde, doté d'une commande «maison» incorporant un micro-ordinateur Data General Nova-II (l'auteur de cet article ayant été en l'occurrence associé à cette aventure). Auparavant, SIP, faisant œuvre de pionnier, avait développé à Genève une aléreuse-pointeuse dotée d'une commande numérique «maison»: une aventure si coûteuse qu'elle faillit aboutir à la mise en faillite de l'entreprise.

Certains constructeurs au contraire, ne saisissent pas assez rapidement les enjeux qui révolutionnent fondamentalement la conception des machines-outils. Ils disparaissent l'un après l'autre, certains après avoir vainement essayé de se reconverter à la dernière minute. Mais ceux qui ont su anticiper survivent et se développent. Dans le domaine du tour automatique, il semble de prime abord illusoire de substituer la commande numérique aux cames. André Bechler notamment, ne voit pas d'intérêt à créer des tours automatiques qui reviennent en tout cas deux ou trois fois plus cher et qui demandent des opérateurs formés à des techniques encore mystérieuses.

Chez Tornos-Bechler, sortent de nouvelles familles de tours automatiques, les gammes ENC, puis TOP-100 et TOP-200. C'est un succès certes, mais ces machines sont en fait plus des tours CNC que des décolleteuses au sens propre du terme. Les clients hésitent à les acheter pour la production en grandes séries. C'est aussi à cette même époque que sortent des tours automatiques multibroches avec barillet à 6 ou 8 broches, essentiellement dédiés à la fabrication de pièces en grandes séries pour l'appareillage et l'industrie automobile. Tornos et surtout quelques entreprises spécialisées de la vallée de Moutier et du



Multibroche vertical

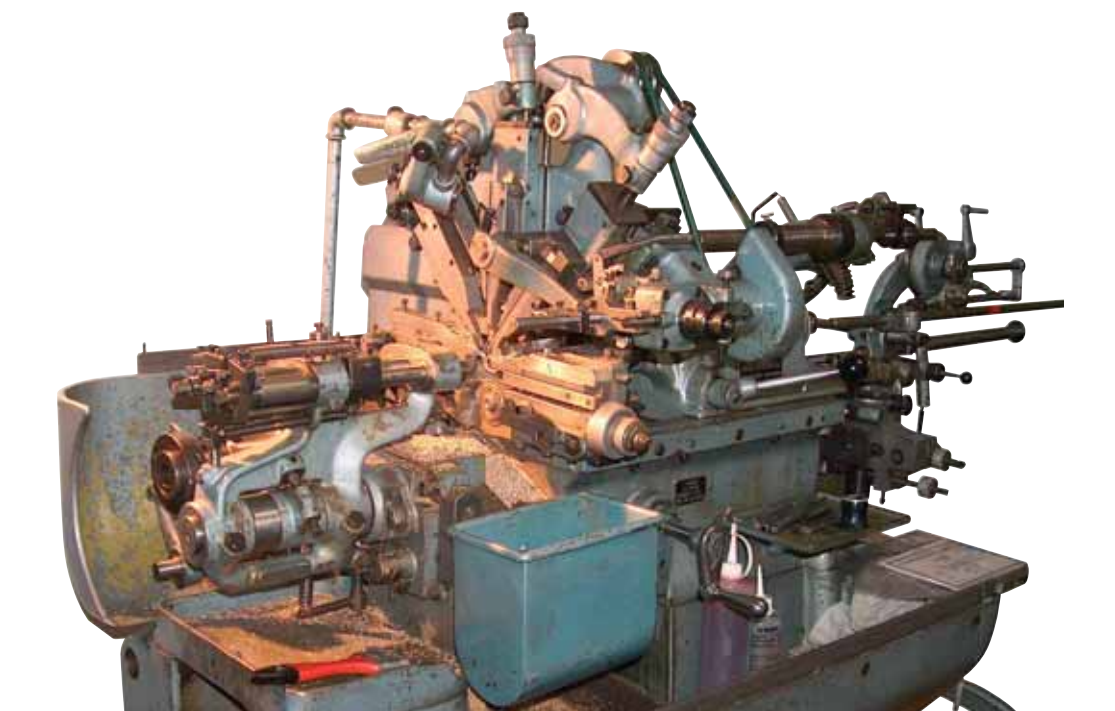
Grand-Val révisent d'anciennes décolleteuses Tornos, Bechler et Petermann, les équipant de variateurs électroniques pour l'asservissement programmé des vitesses de rotation de la broche et de l'arbre à cames, en vue d'améliorer la productivité des machines traditionnelles par diminution des temps improductifs.

A cette époque, alors que pratiquement la moitié des constructeurs de machines de Suisse romande a mis la clé sous le paillason, quelques nouveaux constructeurs de machines se profilent, essentiellement dans des domaines proches de la fabrication de composants pour l'horlogerie, en particulier dans la Vallée de la Sorne, au Val de Ruz, au Locle et à la Chaux-de-Fonds. Esco aux Genevez-sur-Coffrane, par exemple, réalise, initialement pour des pièces relativement simples et usinées à partir de barres profilées, des tours automatiques à broche fixe et à outils rotatifs, qui évitent la mise en rotation des barres de matière tout en diminuant la surface d'implantation des machines.

Les machines à commande CNC se distinguent par une cinématique simplifiée: les engrenages, arbres de transmission, renvois, boîtes de vitesses et poulies disparaissent. Si les machines sont fondamentalement plus simples du point de vue mécanique, en revanche elles deviennent de plus en plus évoluées au niveau des commandes et des programmes CNC, tout en étant plus rapides et puissantes, notamment en raison des progrès réalisés dans le domaine des

outils de coupe, avec les nouveaux matériaux de coupe en métal dur, puis en nuances revêtues, CBN, cermet, etc., autorisant des valeurs de coupe inconnues jusqu'alors. Les vitesses de broche, ainsi que les forces et vitesses de coupe s'accroissent donc, nécessitant de la part des constructeurs de machines des réalisations plus rigides. Dans certains cas, les liaisons moteur/broche au moyen de poulies et courroies disparaissent au profit des motobroches, une solution compacte et directe. Des notions telles que flexion, vibrations, résonance, harmoniques, déformations, rigidité... acquièrent un nouveau sens. Le LMO (Institut de machines-outils de l'EPFL), sous l'égide du professeur François Pruvot, pose vers la fin des années 1980 les règles d'une conception scientifique des machines-outils. La revue MSM – Le Mensuel de l'Industrie avait à l'époque publié une série complète d'études de transferts de techniques sur le sujet avec pour titre «Futur des machines-Machines du futur».

Dans le domaine du décolletage, vers la fin des années 90, Tornos met au point le concept DECO 2000. L'idée étant de transférer le savoir-faire du décolleteur dans la commande CNC, plutôt que plier le décolleteur à des techniques qu'il ne voudrait ni ne saurait adopter. En collaboration avec GE-Fanuc, une solution appelée TB-DECO, en l'occurrence un système de programmation propriétaire associé à une CNC spécialement dédiée au métier du décolletage, est créée. Elle s'applique aussi bien aux machines



Tour Bechler 1950





Tornos en 2007 avant la construction de son nouveau bâtiment.

monobroches qu'aux multibroches. S'éloignant des sentiers battus, une gamme de nouvelles machines appelées DECO, vient à point pour remplacer les machines à cames. Le système de la poupée mobile, décidément irremplaçable, est conservé. Le décolleur retrouve ses repères dans la commande numérique, laquelle incorpore les «feuilles de calcul», véritables «cames virtuelles». Le coût de la machine est raisonnable. En outre, son équipement est modulable en fonction de la complexité des usinages à effectuer. C'est le succès. Les gammes se succèdent et peu à peu les nouvelles machines CNC supplantent de plus en plus les machines à cames dans l'imposant parc Bechler-Tornos-Petermann (et concurrents d'ailleurs) installé partout dans le monde.

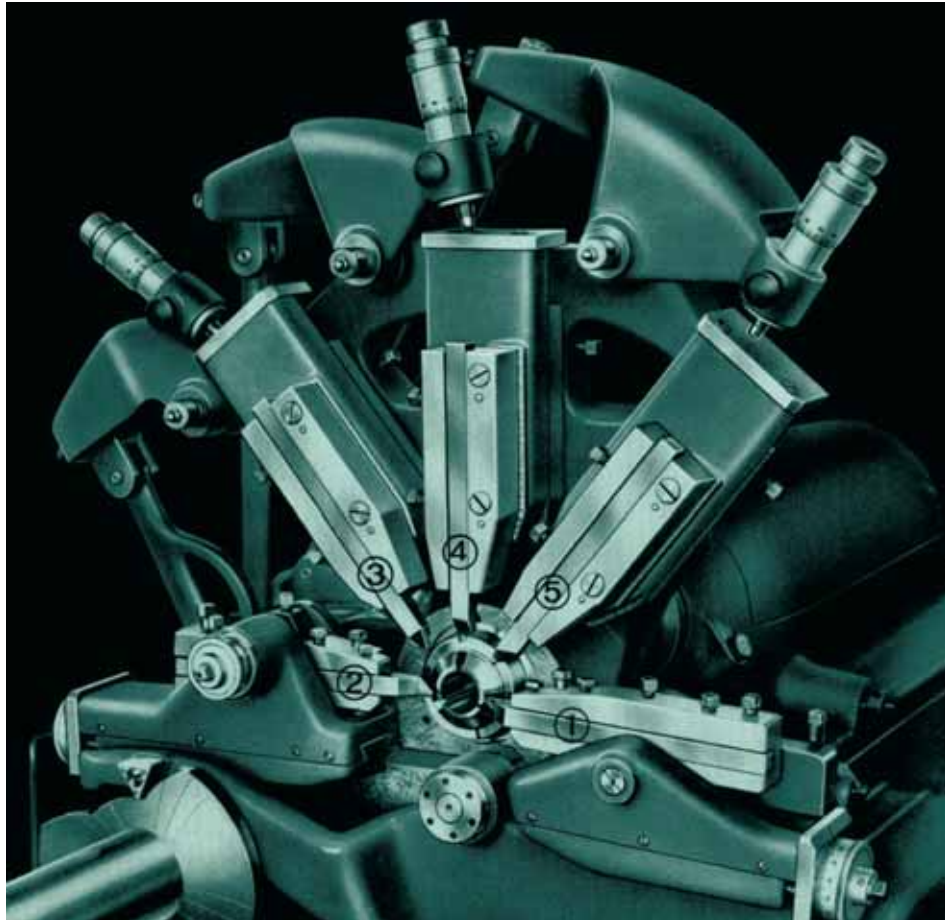
Dans le domaine de l'usinage tridimensionnel, c'est l'époque de l'apparition des «centres d'usinage» et des «machines-transfert». Ces dernières réalisent l'usinage complet de pièces mécaniques ou horlogères de précision. Elles comportent un nombre de plus en plus important d'axes numériques et sont dotées de divers équipements tels que magasins et changeurs d'outils, mesure in-situ, palettisation pour l'usinage flexible. Les commandes CNC «maison» cèdent la place aux équipements essentiellement développés par GE-Fanuc, Siemens, Heidenhain et NUM. En effet, avec la complexité croissante et l'évolution continue des systèmes à commande CNC, le développement de ces équipements n'est plus à la portée

des constructeurs de machines. Les machines-outils deviennent toujours plus rigides, pour supporter des contraintes d'usinage sans cesse accrues, en particulier avec l'apparition des techniques UGV (usinage à haute vitesse). En outre, les Suisses ne sont pas seuls sur le marché. Aux concurrents traditionnels (Allemagne, Italie) viennent s'ajouter d'autres compétiteurs des USA, du Japon, de Taïwan, de Corée du Sud et prochainement de Chine continentale. Il s'agit de produits de qualité qui s'exportent d'ailleurs bien en Europe, y compris en Suisse.

### Perspectives et prospectives

Les perspectives de la machine-outil en Suisse sont favorables, pour autant que cette industrie ne se repose pas sur ses lauriers. Nous avons vu que l'apparition des techniques numériques a été accompagnée de la disparition de près de la moitié des constructeurs suisses de machines-outils, durant une courte période de 10 ans. Les techniques évoluent toujours plus rapidement.

Actuellement, la tendance est de réaliser des machines entièrement adaptées à la production (et non le contraire), ce qui implique une conception modulaire. L'ère des machines-outils universelles produites en grandes séries est révolue, car l'utilisateur ne désire pas payer pour des fonctionnalités dont il n'a pas l'emploi. Un point important est en revanche consti-



Dispositif d'outils en étoile

tué par les services joints au produit. Il s'agit en l'occurrence d'adopter une approche PLM. Cet acronyme signifie «Product Lifecycle Management» (gestion du cycle de vie du produit). C'est une stratégie qui aide les entreprises à partager les données des produits, à appliquer des procédés communs et à capitaliser les informations de l'entreprise pour le développement de produits, depuis le stade de la conception jusqu'à celui de la mise au rebut. Autre point de détail important: la maintenance. Une machine ne devrait pas tomber en panne. Si c'est néanmoins le cas, l'intervention réparatrice doit s'effectuer dans les plus brefs délais. D'où l'importance du télédiagnostic et d'un réseau de vente, réparation et conseil réparti dans le monde entier. A mentionner également la bonne formation du personnel d'exploitation et de maintenance des machines-outils. Il est nécessaire de prévoir des cours décentralisés, le cas échéant avec un support DVD comportant des exercices interactifs. Les systèmes de programmation (FAO) doivent être intuitifs, basés objets: la programmation des machines est réalisée par des mécaniciens et des opérateurs, et non pas par des mathématiciens ou des informaticiens. Une

attention toute particulière doit être vouée aux bibliothèques d'éléments, tout spécialement pour l'outillage et les dispositifs de serrage et de bridage. La documentation de référence (instructions de service) doit être conviviale et réaliste. Il ne faut pas oublier que les prestations de services font partie intégrante du produit et constituent même souvent l'argument de vente décisif.

Et autre chose encore, la notion de «chef de produit» doit être généralisée pour responsabiliser des cadres qui agissent dès lors comme de véritables entrepreneurs intégrés. Le constructeur de machines en blouse blanche dans sa tour d'ivoire au sein du bureau de recherches et développement est également à classer dans le tiroir des fossiles antédiluviens: le constructeur du futur passera un tiers de son temps chez les clients (par exemple en compagnie d'un ingénieur de vente ou d'un technicien du service extérieur), un autre tiers dans les ateliers de fabrication et d'assemblage et seulement un tiers de son temps à son poste de CAO: ce sera meilleur à la fois pour ses yeux et pour la qualité de sa production!

Les tendances du futur pour les machines-outils peuvent être une extrapolation de ce qui se fait actuellement: des machines encore plus rapides et précises, également plus rigides, des systèmes de serrage et de posage toujours plus ingénieux, des interfaces CNC plus conviviaux, un coût des machines diminué non pas au détriment de la qualité, mais par adoption de techniques judicieuses de fabrication et d'assemblage des composants. Il y a une dizaine d'années, nous nous attendions à une percée générale des entraînements par moteurs linéaires. Il n'en fut rien, cette solution à priori tentante (suppression de la conversion de mouvement circulaire en mouvement linéaire – d'où une simplification de la chaîne cinématique et une suppression de l'inertie des corps tournants) ne s'est finalement appliquée que dans des cas particuliers. Ceci fait penser aussi au succès mitigé des moteurs Wankel (lesquels à l'époque semblaient avoir sonné le glas des moteurs traditionnels). Comme quoi, souvent des idées géniales ne réussissent pas forcément face aux contraintes des marchés. Les futures voitures à hydrogène semblent être une voie d'avenir. Cette filière risque d'aboutir à l'apparition de nouvelles générations de composants pour moteurs, notamment au niveau de l'injection, ce qui signifie aussi des applications nouvelles et peut-être déroutantes pour les machines-outils. Affaire à suivre donc. Dans les bureaux d'étude, l'approche CAO solide est à privilégier. Déjà au stade du dessin des composants de machines, il est nécessaire de concevoir des pièces en tenant compte de la méthodologie de fabrication la plus avantageuse du point de vue des coûts de revient.

En outre, une bonne organisation dans les ateliers de production et d'assemblage permet d'effectuer encore d'autres économies et pas des moindres. C'est ce qu'a par exemple compris un nouveau constructeur américain qui produit des machines-outils (fraiseuses, tours CNC et centres d'usinage) pratiquement un tiers moins chères à qualité égale que les produits concurrents d'Europe et d'Asie, cela grâce à une organisation de production redoutablement efficace.

### **Un vœu pour le futur...**

Toutefois, il est indispensable de concevoir les machines-outils de façon scientifique et rigoureuse, sans

néanmoins perdre de vue l'aspect pratique ciblé métier. A cet effet, il serait opportun de remettre en activité à l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne), aux côtés du LCSM (Laboratoire de Conception de Systèmes Mécaniques) un Laboratoire de Machines-Outils (LMO) entièrement orienté sur les machines-outils travaillant par enlèvement de copeaux, les outils de coupe et les techniques d'usinage (y compris la FAO), afin de pouvoir d'une part former l'élite des concepteurs du futur, tout en réalisant d'autre part de la recherche fondamentale et appliquée, le cas échéant en collaboration avec des partenaires industriels suisses.

En effet, les défis du futur ne permettent plus, en tout cas dans le domaine de la machine-outil, de s'adonner corps perdu à la recherche fondamentale dans le cadre des bureaux d'études des diverses entreprises industrielles. En revanche, si un tel Laboratoire venait à être remis en activité à l'EPFL, il est certain que les grands constructeurs suisses de machines-outils y délégueraient de jeunes ingénieurs doctorants, collaborateurs scientifiques ou en études post-grade, avec des sujets de recherche non seulement passionnants, mais aussi porteurs d'espoir pour les futures générations de machines-outils.

### **... et même un souhait**

Et pourquoi, à l'instar des anciens temps, l'industrie suisse de la machine-outil ne ferait-elle pas à nouveau œuvre de pionnier et d'innovateur, comme ce fut le cas au début du 20<sup>e</sup> siècle avec les tours automatiques? Finalement, et pourquoi pas, mettre en œuvre une idée fixe de l'auteur de cet article, qui fut autrefois (à l'époque du crétacé ou du jurassique?) constructeur au bureau d'études de Tavannes Machines Co (entreprise actuellement disparue), qui réalisait des tours automatiques multibroches verticaux appelés Gyromatic, d'une capacité de travail en barre de 40 mm, respectivement 60 mm? Il me semble personnellement que cette géométrie de machines pourrait être reprise sous forme CNC. En effet, les barres de matière étant verticales, elles descendent par simple effet de gravité, et le frottement dans le chargeur de barres est limité vu la disposition verticale, les copeaux s'évacuant simplement par gravité et l'encombrement au sol étant divisé par un facteur de deux. Qui va oser relever ce défi?