

L'héritage de Taylor, père de l'usinage

Frederic Winslow Taylor, père du taylorisme, était en fait un chef d'atelier d'usinage. Il a inventé le principe même du bureau des méthodes, avant de découvrir la fameuse loi d'usure des outils coupants, dite loi de Taylor. Au total, il aura consigné plus de 16 000 essais d'usinage en 26 ans, et son enseignement est toujours d'actualité.

Taylor a obtenu des gains de productivité considérable dans son atelier d'usinage : jusqu'à 370 % de productivité en plus, par ouvrier. Il y eut en pratique, à la mise en œuvre de ses principes, de gros freins au développement de ses idées : on l'accusait par exemple de dénaturer le travail des ouvriers. Pour imposer ses méthodes révolutionnaires, Taylor obtient que les salaires dans son entreprise soient progressivement augmentés de 60 %. L'application du taylorisme permet d'améliorer la productivité. La hausse du pouvoir d'achat dynamise le marché, ce qui permet de passer de 140 à 600 ouvriers.

À cette époque, les ouvriers usineurs décidaient assez librement de leur gamme d'usinage pour réaliser les pièces à faire, puis fabriquaient eux-mêmes leurs outils de coupe et choisissaient leurs vitesses. Taylor a remarqué de grandes disparités de productivité d'un ouvrier à l'autre ainsi que de grandes pertes de temps. Il a alors cherché à répondre méthodiquement aux 3 questions de base que se posent quotidiennement les usineurs : quel outil utiliser, quelle vitesse de coupe utiliser ou encore quelle avance utiliser ?

Il s'agissait de trouver les conditions de coupe adaptées à chaque triplet « machine/outil/pièce », et d'organiser l'atelier dans le

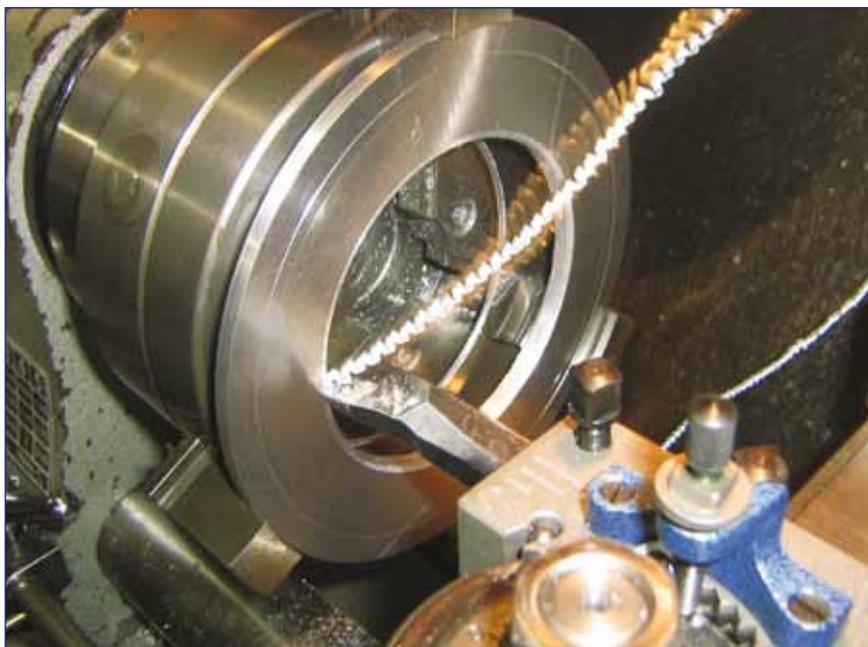
but d'optimiser la productivité globale. Il est à noter que tout le travail de Taylor sur l'usinage était focalisé sur la phase d'ébauche, là où la productivité était le paramètre le plus important à améliorer.

Organisation scientifique du travail

Son objectif était globalement de remplacer les règles empiriques et approximatives des usineurs par une analyse scientifique

de chaque étape. Il voulait d'abord que les travailleurs soient sélectionnés et formés méthodiquement plutôt qu'ils ne se forment « sur le tas ». Son objectif final était que l'on puisse donner à chaque travailleur des instructions détaillées et optimales pour les tâches à réaliser. Pour y parvenir, il développe une division de l'atelier entre ceux qui organisent le travail, scientifiquement, et ceux qui le réalisent, créant ainsi le bureau des méthodes.

C'est par l'analyse des meilleures pratiques et leur standardisation qu'il permet à l'industrie de gagner beaucoup de temps et d'argent. Il passe de longues semaines à chronométrer toutes les activités des opérateurs et des machines, ce qui le conduit à concevoir un disque de calcul utilisable par tous, même au pied de la machine. Il prend grand soin aussi pour définir les paramètres qui doivent être analysés méthodiquement par des essais. Pour l'usure des outils, il prend en compte 12 para-





Frederick Taylor a débuté dans l'industrie en tant que simple manœuvre. Il aura consigné plus de 16 000 essais d'usinage en 26 ans.

mètres. Il veille également à réaliser des essais permettant de tester les paramètres indépendamment les uns des autres afin d'obtenir les meilleures solutions possibles, à chaque étape du process. Au total il effectue probablement plus de 16 000 essais d'usinage.

La résistance du monde ouvrier

Sa méthode conduit à rendre le travail de l'ouvrier bien moins intéressant et moins

varié, car il ne s'agissait plus que d'exécuter des consignes définies par d'autres. Pour faire accepter cela, Taylor propose que, si l'usineur réalise le travail dans le temps imparti, il perçoive un bonus. Faute d'y réussir, il ne touche que la partie fixe de son salaire. En pratique, les bonus représentent autant que le salaire, ce qui permet d'obtenir l'adhésion des ouvriers, mais toutes les entreprises ne sont pas prêtes à redistribuer une partie des bénéfices obtenus par la méthode. Taylor a même dû s'expliquer devant le gouvernement, à cause de pro-

testations du monde ouvrier dans tout le pays. Il était accusé de vouloir transformer l'ouvrier en machine...

Peu d'intérêt des scientifiques

Lorsque Taylor cherche à exploiter des résultats scientifiques disponibles, il se rend compte que la majorité des études comparatives ont été réalisées sans isoler rigoureusement l'influence de chaque paramètre, de sorte que les résultats ne sont pas transposables à d'autres cas particuliers. Il constate aussi que la plupart des études sur l'usure s'acharment à chercher une relation exclusive entre la pression spécifique de coupe, la vitesse de rotation et l'usure. Il remarque que l'épaisseur et la largeur du copeau n'ont pas du tout la même influence sur l'usure, et donc que la surface du copeau ne constitue pas un bon critère prédictif de l'usure. De nombreux paramètres ne lui semblent pas pris en compte séparément, comme la forme de l'arête de coupe ou la lubrification.

À force de travail, il obtient une loi prédisant l'usure de l'outil, qui fait intervenir 12 paramètres. Quand il faut trouver un moyen pratique de manipuler cette formule au pied des machines par une règle à calculer à coulisse, les scientifiques de son temps lui rétorquent que cela est totalement impossible. Mais avec de l'acharnement, et l'aide de quelques stagiaires, il y parvient après plusieurs années d'efforts et en garde une profonde rancune envers les scientifiques de son temps.

Ses principaux résultats

Taylor a consigné plus de 16 000 essais d'usinage et mesuré un nombre incalculable de durées d'opérations élémentaires effectuées par les usineurs, ce qui lui donne une masse d'informations sur tous les paramètres gouvernant la productivité. Il participe très activement au développement des nuances d'acier rapide (au tungstène, chrome, carbone, manganèse ou vanadium) et contribue ainsi à « *l'Usinage Grande Vitesse* » (UGV). Le terme UGV sera ensuite réutilisé avec l'apparition des outils carbures, frittés, céramiques, revêtus, nitrures de bore, et diamants poly-



Entre casse d'outil, pièces rebutées et perte de productivité, les vibrations d'usinage peuvent coûter cher à l'entreprise.

crystallins. Il conçoit une règle à calcul à 8 coulisses permettant de choisir les paramètres d'usinage les plus productifs en fonction de 12 paramètres clés : nature du matériau usiné, diamètre de la pièce, épaisseur et largeur de copeau, rigidité de

la pièce et de l'outil, forme de l'arête de coupe, matériau de l'outil, lubrification, durée de vie de l'outil, pression sur l'arête de coupe, vitesses et avances possibles sur le tour, puissances et forces utilisables sur le tour. Il obtient ainsi des gains de

Taylor, simple manœuvre

Né en 1856 dans une famille bourgeoise, il tente des études à Harvard, mais doit renoncer du fait d'une mauvaise vue. Il s'oriente alors vers la mécanique en commençant modestement en tant qu'ouvrier, dans la Midvale Steel Company, à Philadelphie, dans une entreprise dont son père connaissait le directeur. Ainsi, de simple manœuvre, puis chef d'atelier, il devient finalement ingénieur en chef, en suivant des cours du soir. Persuadé qu'il était possible d'augmenter la productivité en s'y prenant avec méthode, Taylor persuada ses supérieurs de lui laisser 6 mois pour faire des essais et des mesures. Il a finalement continué de développer ses méthodes d'« Organisation scientifique du travail » pendant 26 ans et cela a révolutionné le travail dans les usines. En 1915, il meurt, alors que sa méthode n'est encore appliquée que par quelques dizaines de milliers d'ouvriers, avec beaucoup de résistances. Cependant, dès 1913 Henry Ford avait commencé à reprendre son approche pour les chaînes d'assemblage. Le processus était en marche. C'est finalement l'entrée en guerre en 1917 qui contraint les syndicats d'accepter cette nouvelle organisation du travail. Il faut alors maximiser la productivité.

BIBLIOGRAPHIE : *On the art of Cutting Metal*, 1906, ASME.
(téléchargeable ici : http://www.vibration.fr/fr/images/stories/Documents/TAYLOR_1907.pdf)

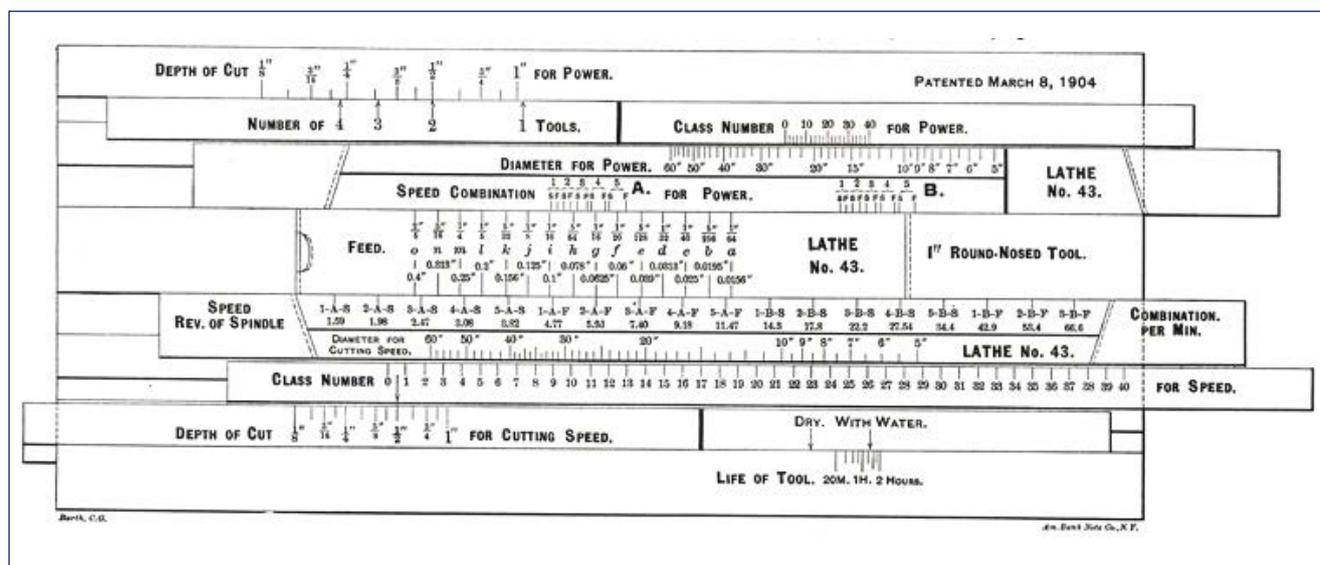
productivité importants dans son usine. Grâce à ses travaux, des machines utilisées pendant des années par des usineurs chevronnés ont vu leur productivité doublée par l'utilisation méthodique des règles à calcul. Concernant la fameuse loi d'usure de Taylor, toujours utilisée de nos jours, il établit une formule et un protocole de test. La formule détaille par exemple la vitesse de coupe à utiliser pour une durée de vie de choisie, pour une matière usinée ou un type d'outil.

Les limites des travaux de Taylor

Taylor a mis 14 ans pour définir un protocole optimal, et aura l'honnêteté de reconnaître qu'avec ce qu'il a compris finalement, il ne lui faudrait que 5 ans pour obtenir les formules d'usure qu'il a mis 26 années à obtenir. La durée de 20 minutes pour le test d'usure est en fait simplement un compromis, car avant 20 minutes on observe souvent des résultats statistiquement très dispersés, comme si l'usure n'avait pas vraiment le temps de se mettre en place, et pour 40 minutes, par exemple, cela prend simplement trop de temps et consomme trop de matière à usiner. Taylor a permis à son entreprise de trouver des outils coupants et des conditions d'usinage bien plus performants qu'auparavant (multipliant par un facteur 2 leur efficacité, en moyenne). Il avoue pourtant, dans un texte, que la plupart du temps, il n'a pas pu utiliser les outils les plus performants (gain : x4) à cause des vibrations d'usinage. Malgré ses travaux, il considère que le plus difficile est de définir la prise de passe maximale sans broutement et il regrette que ce sujet ait été très peu étudié scientifiquement à son époque. Il conclut en disant que « les vibrations sont le plus obscur de tous les phénomènes auquel doit faire face l'usineur ».

Toujours d'actualité

Le premier enseignement de son travail est qu'il faut bien identifier les paramètres en jeu, et ne faire varier un seul paramètre à la fois pour pouvoir réellement comparer les choses. Par exemple : comparer deux outils différents sur un cas particulier n'apporte en général aucune information générali-



Taylor a conçu une règle à calcul à 8 coulisses permettant de choisir les paramètres d'usinage les plus productifs en fonction de 12 paramètres clés.

sable. Le deuxième enseignement est qu'il est essentiel d'obtenir des méthodes et des formules vraiment utilisables au pied de la machine ou en bureau des méthodes. Malgré toutes les connaissances actuelles sur l'usure et sur les vibrations, ces règles ne sont souvent pas connues et pas utilisées. Les versions modernes de la règle à coulisses de Taylor existent, avec la machine à calculer les conditions de coupe, par exemple, mais sont très peu utilisées. Le troisième enseignement de Taylor est qu'il ne faut pas négliger les aspects vibratoires, qui peuvent limiter en pratique la productivité de l'ordre de 50 %.

Taylor avait déjà exploré les outils à pas variable, apparus de façon standard seulement très récemment, mais faute de moyen adapté pour mesurer et modéliser le phénomène, il finira par jeter l'éponge. De façon plus anecdotique, il démontrera qu'il faut minimiser la largeur de coupe et maximiser l'avance à la dent, pour avoir un copeau de section « carré », ce que seuls les outils à forte avance parviennent à faire. De façon anecdotique aussi, Henry Laurence Gantt a été un stagiaire puis collaborateur de Taylor, et a inventé le diagramme de Gantt, très utile dans l'industrie. De façon toujours actuelle, sur un plan social, il préconisait une juste répartition financière des résultats des gains de productivité pour obtenir l'adhésion des travailleurs. Sans cela, à son

époque comme à la nôtre, il est courant de voir des opérateurs qui ne cherchent pas à améliorer la productivité, puisque leurs efforts ne sont pas récompensés. En somme, ce que l'histoire a surtout retenu du taylorisme, c'est la fameuse phrase de Taylor envers un ouvrier récalcitrant du

nom de Michael Johnson Shartle : « *On ne te demande pas de penser. Il y a des gens payés pour cela, alors mets-toi au travail !* » ●

Lionel ARNAUD,
expert en vibrations d'usinage



L'un des enseignements de Taylor est qu'il ne faut pas négliger les aspects vibratoires, qui peuvent limiter en pratique la productivité de l'ordre de 50 %.