



La machine K5 de Precitrame est un élément destiné à être implanté en série dans une cellule de production.

La micromachine à l'épreuve du marché

machines-outils

Depuis la présentation de la machine Micro5 par la Haute École Arc Ingénierie lors du Siams de 2016, le marché a vécu la révolution des micromachines. La micromachine va-t-elle supplanter nos bonnes vieilles CNC ? Pas sûr, il en faut pour tous les besoins.

Dossier réalisé par Pierre-Yves Kohler

La mode des micromachines arrive après celle de la robotisation, de l'industrie 4.0 et de l'IA.

Afin d'en savoir plus sur les micromachines et les micro-usines, nous avons rencontré Samuel Vuadens, CEO de Chiron Suisse, Juan Elices, CEO de Enoveas, Nicolas Vez, Directeur Administration Ventes pour Precitrame, Patrick Haegeli, CEO et Christophe Prongué, chargé des technologies chez Willemin-Macodel ainsi que Florian Serrex, professeur en ingénierie horlogère et responsable partenariat et valorisation à la HE-Arc.

La micromachine ?

Micro5, Silex, K5 et 701S, les trois premières découlent du concept Micro5 (2016) tandis que la 701S est la pionnière (2013). Pour usiner une pièce qui entre dans un cube de 50 mm d'arête, il n'est pas nécessaire de mobiliser des masses et une énergie énorme. Sur une machine conventionnelle, seule 15% de l'énergie utilisée sert à générer des copeaux. Le postulat de base de maîtriser ce gaspillage est une excellente idée. Les distances à parcourir plus courtes et les masses à bouger plus faibles concourent de plus à la garantie d'une usure réduite et donc de la précision sur le long terme.



Avec Silex, l'évacuation des copeaux est facilitée grâce à la position particulière de la broche.

Différentes solutions

Parmi nos quatre vedettes du jour, la machine 701S est probablement la plus disruptive. Au contraire des autres machines, celle-ci dispose d'une broche fixe et la pièce à usiner est disposée sur une nacelle reliée à trois bras. Cette architecture de machine parallèle ultra dynamique est combinée à une informatique performante et des règles de mesures à très haute résolution. Elle permet des suivis de trajectoires inférieurs au micron.

Intégration dans des tendances lourdes

Chaque entreprise est attentive à l'économie circulaire, au bilan carbone et à la responsabilité sociale des entreprises. Les sont conscientes des conséquences de leurs activités. Les exigences financières sont également liées aux préoccupations environnementales, écologiques et humaines. Il est bon pour la planète et les employés de prendre en compte toutes ces exigences, ça l'est également pour les finances. La micromachine répond à ces défis en tenant compte de l'investissement, ainsi que des paramètres d'exploitation tels que l'espace au sol, la consommation électrique ou d'huile de coupe, l'efficacité énergétique et l'usure des outils (le fameux Total Cost of Ownership).

L'utilisation des micromachines une fois comprise est plus simple que celle de centres de fraisage classiques.

Efficience de production

Les fabricants sont unanimes quant à l'efficacité de la production et la qualité produite avec les micromachines. Ils relèvent que leurs clients mesurent des améliorations significatives sur ces deux paramètres importants. Les micromachines font souvent plus et mieux avec moins ! Leur utilisation une fois comprise est même plus simple que celle de centres de fraisage classiques. Mais répond-elle à toutes les exigences ? Nos interlocuteurs ne partagent pas tous la même conviction.

La machine ne fait pas tout

On dit parfois que la première machine est vendue par les services de vente et que les suivantes le sont par les opérateurs du client. Cette formule suppose de traiter une inconnue : le personnel qui fera fonctionner la machine ! Il en est de même pour les micromachines ! Travaillant complètement par interpolation, ces dernières chamboulent les habitudes d'usinage, notamment en termes d'avance, de vitesse et de profondeur de passe. Il est presque nécessaire d'apprendre à retravailler ! Tous les fournisseurs réalisent des actions de sensibilisation et de formation. Même son de cloche chez Willemin-Macodel qui propose la 701S depuis plus longtemps. Patrick Haegeli nous relate : « Une petite machine pas très lourde ni très puissante qui utilise des stratégies d'usinage différentes a fait poser de nombreuses questions. Cependant, grâce à sa facilité d'utilisation et de formation associée à ses résultats remarquables, nous pouvons surmonter ces obstacles ». Florian Serrex ajoute : « Prenons le cas du phénomène des vibrations. Un spécialiste de l'usinage vous dira que si une machine bouge, elle ne peut pas être précise. C'est le cas... avec la technologie classique mais pas dans le cas d'une micromachine. Oui elle bouge, mais la boucle des efforts entre l'outil et la pièce est très courte et rigide. La précision, l'état de surface et la répétabilité sont donc garantis. Patrick Haegeli tempère et précise : « Ce point de vue n'est pas forcément partagé par Willemin-Macodel pour qui la problématique vibratoire ne doit pas être occultée. Même si le sujet ne se pose pas de la même manière pour la 701S, la maîtrise du comportement vibratoire garantit un avantage capital pour la performance de tous les types de machines ».

CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTS ACTEURS

CHIRON SWISS :

le premier à prendre la licence Micro5 de la HE-Arc

Mecatis a commencé à développer la Micro5 dès sa présentation par la HE-Arc. Sa première machine a été introduite en 2017 et les cinq premières livrées la même année. Interrogé sur les atouts plus spécifiques de la Micro5, le CEO relève que le retour d'expérience de l'entreprise est très large et que son savoir-faire dans l'usinage avec une micromachine lui permet de proposer une solution fiabilisée basée sur l'expérience de plus de 170 machines vendues. Il valorise également les services actuels (classiques et disponibles sur le shop en ligne) mais également sur le développement constant des services et de « l'intelligence embarquée ». Il cite par exemple un projet avec Louis Bélet qui vise à normaliser les micro-outils ainsi qu'à définir automatiquement les conditions de coupes. Samuel Vuadens, interrogé sur l'achat d'un centre de fraisage traditionnel pour fabriquer des pièces prismatiques d'une arête de 50 mm, affirme avec une conviction radicale : « Acheter un centre d'usinage traditionnel pour fabriquer des pièces qu'il est possible d'usiner avec une micromachine est une erreur stratégique ». Chiron Swiss est également en train de travailler sur une micromachine destinée à fabriquer des pièces plus grandes (jusqu'à 120 mm d'arête) : la Micro5 XL, notamment pour le domaine médical.

Micro5 : <https://chiron-group.com/products/micro5>

ENOVEAS :

esprit start-up supporté par un groupe

Enoveas est le challenger sur ce marché puisque la société a été créée en 2022 et intégrée au groupe BBN dans le but de pousser le développement de la micromachine de la Haute Ecole Arc. Cette approche a permis à l'entreprise de repartir du concept de base en intégrant le design, le développement durable et l'expérience utilisateur dans la conception de la machine tout en se reposant sur des compétences très pointues du groupe, notamment dans la réalisation de broches. Enoveas a présenté la machine Silex à l'automne 2023. L'entreprise a travaillé sur l'ergonomie générale. L'accès à la zone d'usinage est idéal et du fait de la position particulière de la broche, l'évacuation des copeaux est facilitée. Tous les problèmes de micro-copeaux pouvant influencer sur la précision pour qui cherche le micron semblent ainsi résolus. Par suite, l'entreprise a dévoilé un système de caméra intégrée qui là aussi résout le problème. Questionné quant aux développements en cours, le CEO explique : « Même si nous arrivons après trois autres micromachines, nous devons encore travailler à l'implantation de cette nouvelle technologie et à sa manière différente de réaliser les pièces. Pour ce faire, nous avons mis en place l'Enoveas Academy qui nous permet de former les opérateurs ». Le CEO évoque des projets avancés impliquant l'intelligence artificielle, sans pour autant entrer dans les détails à ce stade.

Silex : www.enoveas.com



La Micro5 de Chiron Swiss valorise le développement constant des services et de l'intelligence embarquée.

FABRICANT	NOM	LANCEMENT	VERSIONS	MARCHÉS	POIDS (Kg)	EMPREINTE AU SOL (mm)
Precitrame	K5	2021	· 4 axes · 5 axes · Seule · Duo · Trio · MCK (jusqu'à 8 machines reliées)	Suisse Europe Horlogerie Médical Micromécanique	1600	695 x 1'333
Enoveas	Silex	2023	· One · Auto · Duo · Ligne de production modulaire avec nombre de machines illimité. · 3 axes · 4 axes · 5 axes · Avec ou sans robot · Système de mesure en temps réel intégré	Suisse Horlogerie Médical	550	660 x 660
Chiron	Micro5	2018	· Etabli · Standalone · Feed5 · Feed5 duo · Feed5 avec AGV · 5 axes	Suisse Europe Asie et USA Horlogerie Médical Electronique	550	1'050 x 725
Willemin-Macodel	701S	2014	· 3 axes · Version avec palettiseur · Avec Robot · Chaîne de production sur mesure	Horlogerie, micro-moule, micromécanique	990	1'060 x 1'020

PRECITRAME : une micromachine qui ne renie pas l'ADN de la société

Precitrame commercialise aujourd'hui la troisième génération de micromachine. Le fabricant la propose en plusieurs versions : simple, double, trio et MCK (cellule d'usinage comprenant de deux à huit K5). Si la K5 est une micromachine, les concepteurs ont souhaité lui offrir un socle massif, la machine complète atteint 1,6 tonne. Ils relèvent que la nouvelle version comporte de nombreuses améliorations, notamment en termes de graissage, de protection des règles de mesures, de broche et d'interface « homme-machine ». Cette HMI (que la machine soit seule ou combinée) permet une programmation simple et intuitive pour qui maîtrise son téléphone portable et les « gestes actuels ». Fabricant de machines transfert, Precitrame considère la machine K5 comme un élément destiné à être implanté en série dans une cellule de production. A ce jour, l'entreprise a réalisé des cellules d'usinage reliant jusqu'à huit K5 et incluant des postes de nettoyage et de contrôle. A la question de pourquoi acheter une unité de production comprenant plusieurs K5 plutôt qu'une machine transfert ? Nicolas Vez y répond : « Le choix dépend de la taille des productions, du type de pièces et de la flexibilité nécessaire. Une cellule MCK sera moins productive qu'une machine transfert mais nettement plus flexible. Les machines sont capables de sortir des pièces différentes à chaque usinage. De plus, en cas de problème sur un des postes (une des K5), la production des autres unités n'est pas impactée. Au contraire d'une machine transfert où si l'un des postes est atteint, l'ensemble ne produit plus. A contrario, la machine transfert peut attaquer la matière beaucoup plus frontalement ».

K5: https://precitrame.com/?product_type=k5

WILLEMIN-MACODEL : le précurseur

La mode des micromachines arrive après celle de la robotisation, de l'industrie 4.0 et de l'IA. Patrick Haegeli explique : « Il s'agit de phénomènes cycliques et ce n'est pas parce qu'une notion est valorisée aujourd'hui qu'elle est nouvelle. Au moment du lancement de la 701S, personne, y compris la Haute École à l'origine de la Micro5, ne parlait d'écologie ou de réduction drastique de l'encombrement et de la consommation énergétique. S'il était incroyable en 2013 de concevoir une machine adaptée à la taille de la pièce à produire, cela l'est un peu moins aujourd'hui. Nos interlocuteurs sont unanimes sur les points forts de la 701S. « Selon les pièces à réaliser, la machine est imbattable en ce qui concerne la stabilité, la qualité, la précision et la répétabilité ». Le directeur ajoute : « Nous avons mis au point une nouvelle motobroche et un nouveau système de fixation d'outils adaptés au dynamisme de la cinématique parallèle afin d'assurer les performances de la machine ». Les porte-outils ont été supprimés et les outils sont frettés directement dans l'arbre de la broche. Jusqu'à la pointe de l'outil, la précision de la rotation est garantie. A 80'000 t/min, la moindre imprécision est source d'imperfection, ce que le fabricant a voulu éviter à tout prix.

Avec la 701S, la productivité au m² est maximisée. La machine est une véritable cellule de production autonome et flexible sur 1 m². Dotée d'un palettiseur intégré, la machine peut être complétée d'un robot pour offrir une autonomie de 72 heures dans un espace de moins de 2 m².

Machine 701S:
<https://willemin-macodel.com/701s-linear/>



Pour la 701S, Willem-Macodel a mis au point une nouvelle motobroche et un nouveau système de fixations d'outils adaptés à la cinématique parallèle.

POINT CONSIDÉRÉ	AVANTAGES		COMMENTAIRES
	MICROMACHINE	CENTRE D'USINAGE	
Empreinte au Sol	X		Avec des différences selon les micromachines
Consommation électrique	X		
Taille de pièces < 50 mm	X	(X)	Dépend des contraintes de la pièce.
Taille de pièces > 50 mm		X	
Matières	(X)	X	Léger avantage à la technologie classique puisque tout est déjà maîtrisé.
Temps de cycle	X		Dépend des pièces et des fabricants, mais les micromachines sont globalement plus rapides.
Précision	X	X	
État de surface	X		
Possibilité d'attaque de la matière		X	
Remise en question des principes d'usinage		X	
Effort de conviction		X	
Besoins de nombreux outils spéciaux		X	

Pour qui ces micromachines ?

Depuis une dizaine d'années, le marché a adopté l'idée de travailler avec ces micromachines tout en assurant une qualité dimensionnelle et d'état de surface au moins aussi bonne qu'avec des solutions classiques d'usinage. Willemin-Macodel a prudemment attendu deux ans entre son premier prototype et la mise sur le marché de la première machine 701S et a ensuite évolué étape par étape jusqu'à sa fiabilisation complète. Les machines basées sur le concept Micro5 ont été lancées rapidement et les premiers utilisateurs ont parfois dû payer le prix fort en matière de fiabilité et de fonctionnement. Florian Serrez explique : « La micromachine offre des avantages indéniables. Certains fabricants horlogers l'utilisent aujourd'hui de manière optimale et assurent l'usinage de platines et de ponts avec des temps de cycles 2x plus courts et avec 2x moins d'outils qu'en utilisant un centre de fraisage CNC classique.

« Il n'en reste pas moins que l'on vit un emballement marketing autour des micromachines », ajoute Christophe Prongué qui continue : « Les produits sont excellents et les utilisateurs de la 701S le reconnaissent. Le produit stable dépasse les limites de l'usinage classique. Le temps de cycle est plus court pour les pièces, la précision atteignable est de l'ordre du micron et les états de surfaces proches de ceux de la rectification ». Est-ce que ce type de machine va tout remplacer ? « Il est évident que non ! » Patrick Haegeli affirme ne pas imposer une solution plutôt qu'une autre. Il conclut : « La machine universelle n'existe pas, il s'agit toujours de trouver les meilleurs compromis » ■

Et demain : la micro-usine

Si les micromachines semblent avoir remporté le match pour certains types de pièces, il nous a paru primordial d'en savoir davantage avec Florian Serrez sur ses évolutions futures, notamment les micro-usines et les dernières avancées de la HE-Arc. Ce professeur en ingénierie horlogère à la HE-Arc adopte une position plutôt radicale. De nos jours, les machines connectées proposées par les fabricants constituent un petit pas vers la micro-usine, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir. L'idée de la HE-Arc de la micro-usine consiste à avoir une sorte d'armoire avec neuf niches dans lesquelles neuf briques technologiques peuvent être insérées. Des machines de fraisage, de tournage, de tribofinition ou de lavage peuvent être installées dans ces différents éléments. La communication entre ces éléments est assurée par un superviseur qui supervise également la transitique permettant de passer d'un bloc à un autre. En utilisant le même standard, il devrait être aussi facile de mettre en place des micromachines dans la micro-usine que de connecter une imprimante par Bluetooth (!).

Microlean Lab : <https://microleanlab.ch/>



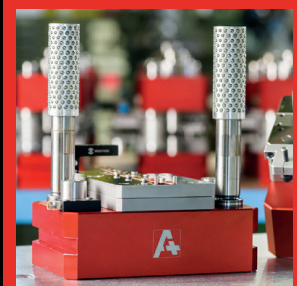
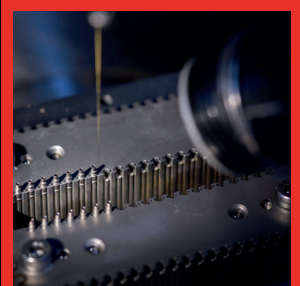
ARCOFIL

CONCEPTION

ÉLECTROÉROSION

ÉTAMPAGE

USINAGE CN



Mécanique de précision

www.arcofil.ch

2610 St-Imier