

Saut technologique au service de la microtechnique

Dans l'usinage par enlèvement de copeaux il est très rare qu'une nouvelle machine remette en cause les technologies bien établies, habituellement les nouveautés sont des évolutions plus ou moins importantes d'éléments connus. Avec la machine 701S présentée en grande première à l'EMO, Willemin-Macodel bouscule les codes et crée l'événement avec un saut technologique qui pourrait bien révolutionner le monde de la microtechnique. Rencontre avec Messieurs Denis Jeannerat, directeur technique et Patrick Haegeli, de la direction générale de la société jurassienne.

Pour se faire une idée rapide de ce nouveau concept, imaginons un robot Delta inversé supportant la pièce à usiner sur la nacelle reliée à trois bras. La broche d'usinage est fixée sur un portique fixe surplombant la table 3 axes. Grand avantage, les masses embarquées sont très faibles tout en conservant une très grande rigidité. Découverte !

Architecture Delta

L'idée de réaliser une machine d'usinage dotée d'une architecture parallèle par opposition à une cinématique sérielle classique n'est pas nouvelle, mais elle n'a jamais atteint un tel degré d'aboutissement jusqu'ici. Après plusieurs années de développement sur la base d'un concept de l'EPFL, Willemin-Macodel a mis au point une machine Delta de micro-usinage à la précision sub-micronique des plus novatrices, entièrement conçue et produite en Suisse. « *Le prototype est sorti depuis deux ans, mais arrivant sur le marché avec une technologie aussi innovante, nous voulions que tout soit totalement validé et fiable avant de commercialiser la machine 701S* », précise M. Haegeli.

Nouvelle stratégie d'usinage

Dédiée à l'usinage de petites pièces (Ø 50 x 30 mm), toute la stratégie d'usinage a été développée autour de l'interpolation. De cette manière, les usinages peuvent bénéficier de la très grande dynamique de la nacelle tout en diminuant le nombre d'outils nécessaires. Les ingénieurs ont intégré une nouvelle commande numérique sur base PC capable de réaliser des boucles de régulation beaucoup plus rapidement que des commandes classiques ainsi que des règles de mesure à très haute résolution (moins de 10 nanomètres) M. Jeannerat explique : « *La combinaison de la haute résolution des règles de mesure et du calcul ultra-rapide de la boucle de régulation nous permet de garantir des suivis de contours inférieurs au micron. Nous diminuons ainsi l'erreur de trajectoire d'un facteur de 10 par rapport aux machines du marché* ».

Motobroche 80'000 t/min et suppression des porte-outils

Un arbre de broche sans pièces mécaniques flottantes avec de très bonnes qualités d'équilibrage conduit à une qualité de rotation extrême. La suppression du porte-outil et la fixation directe de l'outil dans l'arbre de broche conserve cette précision de rotation jusqu'à la pointe de l'outil et apporte une plus grande précision d'usinage, de meilleures qualités d'états de surface et une plus longue durée de vie des outils.



Dotée d'une surface au sol de 1 m² la nouvelle 701S de Willemin-Macodel impressionne par sa compacité et son efficacité.

Mit einem Platzbedarf von 1 m² beeindruckt die neue 701S von Willemin-Macodel mit Kompaktheit und Effizienz.

With a 1 square meter footprint the new Willemin-Macodel 701 S impresses by its compactness and efficiency.

Système optique de mesure

A chaque changement d'outil, un système de mesure par vision contrôle la position et la géométrie des outils en rotation et applique les correcteurs nécessaires pour tenir compte des cotes réelles. Ce système corrige directement le faux-rond résiduel des outils. Il est également utilisé pour détecter et



REVOLUTION 701S

WILLEMIN-MACODEL SA
CH-2800 DELÉMONT
WWW.WILLEMIN-MACODEL.COM



compenser les problèmes d'usure ou dégradation des arêtes de coupes. « *Le système de vision est un système du marché, par contre nous avons développé spécifiquement le logiciel pour qu'il soit parfaitement adapté à notre machine* », explique M. Jeannerat, relevant que chaque aspect de la machine a nécessité des développements spécifiques tant cette 701S est novatrice.



Nacelle porte-pièce montée sur 3 axes offrant une parfaite symétrie centrale.

Die auf drei Achsen montierte Werkstück-Greifvorrichtung bietet eine perfekte zentrale Symmetrie.

Mounted on 3 axes, the pod holding the part offers perfect central symmetry.

Plus légère, plus dynamique, plus rigide

Lorsque l'on parle de haute précision, les constructeurs de machines associent toujours masse et rigidité. Willemin-Macodel a choisi de changer de paradigme. L'architecture parallèle permet de minimiser la masse en mouvement tout en conservant une grande rigidité de la commande d'avance. La conjugaison de ces 2 éléments est garante d'une fréquence propre élevée, d'une haute dynamique et d'une très grande fidélité de suivi de trajectoire à haute vitesse. Cette architecture machine est capable de supporter des accélérations de l'ordre de 5G!

Consommation : pas plus qu'un sèche-cheveux !

Conséquence directe de ce concept innovant de machine, l'énergie à mobiliser pour réaliser les usinages est minimale. A tel point que la machine consomme l'équivalent d'un sèche-cheveux. Le choix de moteurs et d'actuateurs à haute efficacité énergétique minimise les pertes thermiques et assure la stabilité dimensionnelle de l'ensemble et donc une précision accrue sur la pièce. Autre conséquence de la faible consommation énergétique de la machine, il n'est pas nécessaire de développer des périphériques gourmands pour traiter l'énergie déjà dissipée. Au niveau énergétique, cette machine est la première à apporter une telle efficacité. Il n'est dès lors plus usuré de parler de cercle vertueux.

Nouvelles références en précision et productivité

« *Avec la nouvelle 701S nous repoussons les limites de l'usinage classique* » ajoute M. Haegeli. Sur les pièces réalisées pour des clients partenaires du développement de la

machine, les gains de temps de cycle sont importants puisque l'on parle d'un facteur de 2 à 5 x plus rapide qu'avec un processus classique, selon le type d'application. En termes de précision, la machine permet d'atteindre des cotes en dessous du micron et des états de surfaces proches des procédés de rectification. Si nécessaire, les opérations subséquentes de super finition s'en trouveront grandement simplifiées.

Des clients convaincus

Les coûts d'exploitation de la 701S sont sans commune mesure avec un procédé traditionnel, mais cet argument seul ne suffit pas, il faut également que les pièces produites le soient de manière totalement convaincante et c'est là que l'entreprise fait fort. Non seulement elles sont plus vite usinées, mais également avec des précisions et des états de surfaces meilleurs. « *Nous avons tout testé et savions à quoi nous attendre. Nous sommes mêmes au-dessus des objectifs fixés. Nos clients ont été convaincus par la qualité des pièces produites et séduits par cette nouvelle technologie* », souligne encore M. Jeannerat.

La preuve par le copeau

Pour convaincre les gens de métier sur le nouveau procédé, l'entreprise a réalisé des nombreuses pièces à l'aide de la 701S. Les principaux avantages relevés par les clients sont les suivants :

- temps d'usinage très courts
- précision et état de surface hors du commun
- coût d'utilisation de la machine faible
- consommation énergétique minimale
- très faible encombrement
- simplicité de programmation et ergonomie

Cette machine révolutionnaire sera présentée à l'EMO en première mondiale. Les livraisons sont prévues dès le premier trimestre 2014.

Pourquoi toutes ces nouveautés ?

Nous n'avons cité que les principales nouveautés, nous aurions pu entrer plus en détail sur la nouvelle motobroche à 80'000 t/min., le nouveau système de palettisation et de changeur d'outils complètement intégré dans la machine ou encore les innovations appliquées dans les systèmes des articulations et des bras supportant la nacelle porte-pièce. A la question du pourquoi ce saut technologique important, M. Jeannerat nous dit : « *Le micro-usinage et la microtechnique en général se miniaturisent de plus en plus et notre région est à la base de toute cette évolution. C'est notre rôle d'innover, on recherche des moyens pour réaliser des petites pièces toujours plus précises et avec des états de surface toujours plus fin. Parmi tous les procédés utilisés pour usiner des pièces microtechniques, les procédés par enlèvement de copeaux restent à ce jour inégalé pour allier précision et états de surface. Avec cette machine nous avons décidé de franchir un palier supplémentaire* ».

Avec la 701S, Willemin-Macodel crée une nouvelle catégorie de machines qui ambitionne de révolutionner le marché de l'usinage 3 axes. L'horlogerie ou le micro-moule par exemple y sont déjà très sensibles.



Ein Technologiesprung, der Mikrotechnik zugutekommt

Im Bereich der spanabhebenden Bearbeitung kommt es sehr selten vor, dass eine neue Maschine die etablierten Technologien in Frage stellt - meistens handelt es sich bei den Neuheiten um mehr oder weniger bedeutende Weiterentwicklungen ▶

bekannter Teile. Mit der Maschine 701S, die anlässlich der EMO zum ersten Mal öffentlich präsentiert wurde, gelang es Willemin-Macodel, dank einem Technologiesprung aus den gewohnten Bahnen auszubrechen – und damit könnte die Welt der Mikrotechnik völlig auf den Kopf gestellt werden. Wir führten ein Gespräch mit Herrn Denis Jeannerat, dem technischen Leiter, und Herrn Patrick Haegeli, dem Generaldirektor des im Jura niedergelassenen Unternehmens.

Machen wir uns schnell ein Bild dieses neuen Konzepts, indem wir uns einen umgedrehten Delta-Roboter vorstellen, der das zu bearbeitende Werkstück auf der mit drei Armen verbundenen beweglichen Greifvorrichtung hält. Die Bearbeitungsspindel ist auf einem festen Rahmen montiert, der sich über dem Dreiaxsen-Tisch befindet. Das hat den wesentlichen Vorteil, dass die geladenen Massen sehr gering sind und zugleich eine sehr hohe Steifheit gewährleistet bleibt. Eine grossartige Entdeckung!

Delta-Architektur

Die Idee, eine Bearbeitungsmaschine mit Parallelkinematik anstatt der klassischen seriellen Struktur auszustatten, ist keineswegs neu, aber noch nie war sie so gut ausgereift. Nach mehreren Jahren Entwicklungsarbeit auf Grundlage eines von der EPFL erarbeiteten Konzeptes entwickelte Willemin-Macodel eine äusserst innovative Delta-Mikrobearbeitungsmaschine mit einer Präzision im Submikrometerbereich, die ausschliesslich in der Schweiz entwickelt und hergestellt wird. „Der Prototyp wurde bereits vor zwei Jahren fertiggestellt, aber vor der Vermarktung einer dermassen innovativen Technologie wollten wir, dass die Maschine 701S wirklich zuverlässig funktioniert“, führte Herr Haegeli weiter aus.

Eine neue Bearbeitungsstrategie

Die gesamte Bearbeitungsstrategie ist auf die Bearbeitung von kleinen Teilen ($\varnothing 50 \times 30$ mm) und wurde rund um die ‚Interpolation‘ entwickelt. Damit können die Bearbeitungen die sehr grosse Dynamik der beweglichen Greifvorrichtung nutzen und zugleich die Anzahl der erforderlichen Werkzeuge verringern. Die Ingenieure haben eine neue Digitalsteuerung auf PC-Basis eingebaut, die in der Lage ist, Regelkreise, sowie sehr hochauflösende Lineale Messskalen (weniger als 10 Nanometer) wesentlich rascher als klassische Steuerungen auszuführen. Dazu führte Herr Jeannerat weiter aus: „Dank der Kombination von sehr hochauflösenden Linealen Messskalen mit der ultraschnellen Regelkreisberechnung können wir Konturfahrten unter 1 Mikron sicherstellen. Damit werden Kurvenfehler gegenüber den aktuell vermarkteten Maschinen zehnmal geringer.“

Motorspindel 80'000 U/min und Abschaffung der Werkzeugträger

Eine Spindelwelle ohne schwebende mechanische Teile mit sehr gutem Ausgleichvermögen gewährleistet eine ausgezeichnete Rotationsqualität. Durch Abschaffung des Werkzeugträgers und die direkte Montage des Werkzeugs an

der Spindelwelle bleibt diese Drehpräzision bis zur Werkzeugspitze erhalten, sie stellt eine höhere Bearbeitungspräzision, bessere Oberflächengüten und eine längere Lebensdauer der Werkzeuge sicher.

Optische Messsysteme

Bei jedem Werkzeugwechsel prüft ein optisches Messsystem Position und Geometrie der drehenden Werkzeuge und führt bei Bedarf Korrekturen aus, um die tatsächlichen Abmessungen zu berücksichtigen. Dieses System führt die Korrektur von verbleibenden Rundlaufabweichungen der Werkzeuge direkt aus. Das System wird auch zur Erkennung und Behebung von Abnutzungsproblemen bzw. verminderten Schneidkanten eingesetzt. „Das optische System ist auf dem Markt erhältlich, aber die Software wurde spezifisch von uns entwickelt, damit sie genau auf unsere Maschine abgestimmt ist“ erklärte Herr Jeannerat, bevor er hinzufügte, dass jeder einzelne Aspekt der Maschine spezifische Entwicklungen erforderte, weil die 701S wirklich völlig innovativ ist.

Leichter, dynamischer, steifer

Wenn von Hochpräzision die Rede ist, verbinden die Maschinenhersteller stets Masse und Steifheit. Willemin-Macodel hat sich zu einem anderen Paradigma entschlossen. Die Parallelarchitektur ermöglicht, die Bewegungsmasse erheblich zu verringern, während die Vorschubsteuerung weitgehend steif bleibt. Die Verbindung dieser beiden Elemente gewährleistet eine hohe Eigenfrequenz, eine grosse Dynamik und einen sehr getreuen Verfahrensweg bei hoher Geschwindigkeit. Diese Maschinenarchitektur hält Beschleunigungen von 5G stand!

Energieverbrauch: nicht mehr als ein Haartrockner!

Dieses innovierende Maschinenkonzept führt unmittelbar dazu, dass die zu mobilisierende Energie zur Ausführung der Bearbeitungen geringfügig ist, und zwar so sehr, dass die Maschine nicht mehr Energie als ein Haartrockner verbraucht. Die Wahl der Motoren und Schaltventile mit hoher Energieeffizienz verringert die Wärmeverluste auf ein Mindestmass und gewährleistet die gesamte Massbeständigkeit und somit eine höhere Präzision der Teile. Eine weitere Folge des geringen Energiebedarfs der Maschine ist, dass keine Entwicklung von Peripheriegeräten mit hohem Energieverbrauch erforderlich ist, um die bereits abgeführte Energie zu verarbeiten. Hinsichtlich Energieverbrauch gibt es keine andere Maschine auf dem Markt, die dermassen effizient arbeitet. Aus diesem Grund ist es keineswegs vermessen, von einem positiven Kreislauf zu sprechen.

Neue Referenzen hinsichtlich Präzision und Produktivität

„Mit der neuen 701S sprengen wir die Grenzen der klassischen Bearbeitung“, fügte Herr Haegeli hinzu. Bei den Teilen, die für die an der Entwicklung der Maschine beteiligten Kunden ausgeführt wurden, sind die Zyklusdauerverkürzungen ▶

À DÉCOUVRIR EN EXCLUSIVITÉ À EMO
HANNOVER DU 16 AU 21 SEPTEMBRE 2013,
OU SUR WWW.WILLEMIN-MACODEL.COM
DES LE 1^{ER} SEPTEMBRE 2013

WILLEMIN-MACODEL SA
CH-2800 DELÉMONT
WWW.WILLEMIN-MACODEL.COM



EMO
Hannover
HALLE 27
STAND C66

RÉVOLUTION 701S



beträchtlich, da sie, je nach Anwendungstyp, zwei- bis fünfmal schneller fertiggestellt werden als mit einem klassischen Verfahren. Was die Präzision betrifft, werden mit der Maschine eine Massgenauigkeit von weniger als 1 Mikron und Oberflächengüten erreicht, die denen der Schleifverfahren kaum nachstehen. Die bei Bedarf ausgeführten Superfinish-Bearbeitungen werden damit wesentlich einfacher.



Dédiée à la réalisation de pièces de microtechnique, cette nouvelle technologie bouleverse certains acquis.

Die auf die Ausführung von mikrotechnischen Teilen spezialisierte neue Technologie stellt viele technischen Errungenschaften auf den Kopf.

Dedicated to the production of parts for microtechnology, this new technology shakes our certainties.

Überzeugte Kunden

Die Betriebskosten der 701S sind mit denen eines traditionellen Verfahrens nicht vergleichbar, aber dieses Argument allein genügt nicht – die hergestellten Teile müssen absolut überzeugend sein, und genau das ist die Stärke des Unternehmens, denn die Teile werden nicht nur schneller bearbeitet, sondern auch die Präzision und Oberflächengüten sind besser. „Wir haben alles getestet und wissen, was auf uns zukommt. Die Ergebnisse stellen sogar die festgelegten Ziele in den Schatten. Unsere Kunden waren von der Qualität der produzierten Teile überzeugt und von der neuen Technologie überwältigt“, betonte Herr Jeannerat nochmals.

Beweiskräftige Späne

Das Unternehmen hat mit der 701S zahlreiche Teile ausgeführt, um die Fachleute der Branche vom neuen Verfahren zu überzeugen. Die Kunden haben vor Allem folgende Vorteile festgestellt:

- sehr kurze Bearbeitungszeiten
- aussergewöhnliche Präzision und Oberflächengüte
- geringe Betriebskosten der Maschine
- geringfügiger Energieverbrauch
- sehr geringer Platzbedarf
- einfache Programmierung und Ergonomie

Diese revolutionäre Maschine wird anlässlich der EMO erstmals präsentiert. Die ersten Lieferungen sind im ersten Vierteljahr 2014 vorgesehen.

Wozu sind diese Neuheiten gut?

Wir haben nur die wichtigsten Neuheiten erwähnt, wir hätten auch näher auf die neue Motorspindel mit 80'000 U/min, das neue, vollkommen in die Maschine integrierte Palettierungs- und Werkzeugwechselsystem oder auf die bei den Gelenksystemen und der beweglichen Greifvorrichtung des Werkzeugträgers angewandten Innovationen eingehen können. Auf die Frage, wozu dieser bedeutende Technologiesprung zustande kam, antwortete Herr Jeannerat: „Die Mikrobearbeitung und die Mikrotechnik ganz allgemein werden immer stärker miniaturisiert, und diese Entwicklung hat in unserer Region ihren Ursprung. Innovation ist unsere Aufgabe, wir suchen Mittel und Wege, um stets präzisere Kleinteile mit immerzu hochwertigeren Oberflächengüten auszuführen. Von allen Verfahren, die zur Bearbeitung von mikrotechnischen Teilen eingesetzt werden, sind die spanabhebenden Verfahren bislang unerreicht, um Präzision und Oberflächengüten zu verbinden. Mit dieser Maschine haben wir beschlossen, eine neuerliche Schwelle zu überschreiten.“

Mit der 701S schuf Willemin-Macodel eine neue Maschinenkategorie, die bestrebt ist, den Markt der dreiachsigen Bearbeitungsmaschinen zu revolutionieren. Die Uhren- und Mikrogussform-Industrie gehören zu den sehr interessierten Sektoren.

Technological leap in the service of microtechnology

In machining by chip removal it is very rare that new machines questions well-established technologies, usually novelties are more or less important developments of known elements. With the 701S machine presented as World Premiere at EMO, Willemin-Macodel shakes codes and creates a technology leap that could revolution the microtechnological world. Meeting with MM. Denis Jeannerat, Technical Director and Patrick Haegeli, from the top management of the Jura company.

To get a quick idea of this new concept, let's imagine a reversed Delta handling robot holding the part on the pod connected to three arms. The milling spindle is fixed on a stationary gantry overlooking the 3-axis table. Great advantage, embarked masses are very low while conserving a great rigidity. Discovery!

Delta architecture

The idea of doing a machining center designed with a parallel architecture as opposed to a classic (serial) one is not new, but until now it had never reached such a high level of achievement. After several years of development based on an EPFL (Federal Polytechnique School Lausanne) concept, Willemin-Macodel has developed a micro-machining Delta machine of sub-micronic precision. This one encompasses absolute novelties and is completely designed and produced in Switzerland. „The prototype was ready almost two years ago, but arriving on the market with such an innovative technology, we wanted everything to be totally valid and reliable before starting to sell the new 701S machine“ explains M. Haegeli.

New machining strategy

Dedicated to the machining of small parts (Ø 50 x 30mm), the whole machining strategy has been developed for interpolation. In this way, machining can benefit from the very high dynamics of the pod while decreasing the number of tools needed. Engineers have integrated a new computer based digital control able to perform regulation loops much faster than with a conventional NC. They have also included high resolution linear rulers (less than 10 nanometers). M. Jeannerat tells us: „The combination of high resolution rulers and the

ultra-fast calculation of the regulation loop allows us to guarantee less than micron contours tracking. We reduce the trajectories errors by a factor of 10 compared to the machines available on the market”.

80'000 rpm motorspindle and elimination of tool holders

A spindle's axis without floating mechanical parts with high balance quality drives to an extreme quality of rotation. The elimination of the toolholder and the direct fixing of the tool into the spindle keep that accuracy till the tip of the tool. Results? A better machining precision, better surface finishes and longer tool life.



Avec 36 outils dans un espace très réduit, la 701S offre une très large autonomie.

Mit 36 Werkzeugen auf sehr geringem Raum bietet die 701S eine sehr grosse Autonomie.

With 36 tools in a very limited space, the 701 S offers a very broad autonomy.

Optical measuring system

At each change of tool, a vision system controls the position and geometry of rotating tools and applies the necessary offset to stick to the real dimension of the tool. This system directly fixes the residual false round of tools. It is also used to detect and compensate problems of wear or degradation of the tools' edges. Mr. Jeannerat says: *“The vision system is a system from the market; however we have specifically developed the software package to fit perfectly the new machine”*. The new 701s is so innovative that every aspect has needed specific developments.

Lighter, more dynamic and more rigid

When we speak of high precision, machine-tools builder always associate mass and rigidity. Willemin-Macodel decided to change of paradigm. The parallel kinematics allows minimising the moving mass while keeping the great rigidity of the feed control. Combining those two elements guarantee high own frequencies, high dynamics and high fidelity in following trajectories at high speed. This architecture is able to bear 5G accelerations!

Consumption: no more than a hair dryer

Direct result of this innovative concept, energy to mobilize to achieve the machining operations is minimal. At such a point that the machine energy consumption is the same of

a hair dryer. The choice of high efficiency motors and actuators minimises thermal loss and guarantees the dimensional stability of the whole, hence a better accuracy on the parts. Another consequence of the low energy consumption of the machine is that it is not necessary to develop other devices to treat energy already dissipated. On that aspect this machine is the first to reach such a level of efficiency and we can say it's a virtuous circle.

New references in accuracy and productivity

“With the new 701 we are pushing the limits of conventional machining” adds Mr. Haegeli. On the parts produced for partner customers in the development of the machine, the cycle time savings are substantial as we speak of a factor of 2 to 5x faster than with a conventional process, depending on the applications. In terms of accuracy, the machine allows reaching precision below the micron and very fine surface finishes close to grinding processes. If necessary, the subsequent super finishing operations will be greatly simplified.

Convinced customers

The 701S operating costs are out of proportion compared with a traditional process, but this argument alone is not enough, the parts also have to be produced convincingly and this is where the company hits the bull's eye. Not only are they manufactured more quickly, but also with more accuracy and a better surface finish. *“We tested everything and knew what to expect. We are better than the fixed objectives. Our customers have been convinced by the parts produced and seduced by this new technology”* emphasizes M. Jeannerat.

The proof by chips

To convince people on the new process, the company has realised numerous parts on the 701 S. The main benefits identified by customers are as follow:

- very short machining time
- precision and surface finishes of superior quality
- low operating cost of the machine
- minimum energy consumption
- very small footprint
- programming simplicity and ergonomics

This revolutionary machine will be presented at EMO as world première. The first deliveries are planned for the first quarter of 2014.

Why all these news?

We have mentioned the main innovations; we could have explained more in detail the new 80,000 rpm motorspindle, the new palletising system, the completely integrated tool changer or even innovations applied in the systems of joints and arms supporting the workpiece gripping pod. To the question of why this important technological leap, M. Jeannerat says: *“Micromachining and microtechnology in general are becoming smaller and smaller; our region is at the basis of all these developments. It is our role to innovate; everywhere in the world we are looking for ways to produce small parts always more precise and with finer surface finishes. Among all the process used to realise microtechnology parts, machining by chips removal remains unequalled to reach both accuracy and surface finishes. With this new machine we have decided to go one step further”*.

With the 701S Willemin-Macodel creates a new category of machines which aims to revolutionise the market of 3-axis machining. Watch or micro-molding industries for example are already very interested.

Willemin-Macodel SA

Route de la Communance 59 - CH-2800 Delémont

Tél. +41 32 427 03 03 - Fax +41 32 426 55 30

sales@willemin-macodel.com - www.willemin-macodel.com