

# bulletin d'informations

Fabrication d'horlogerie et de bijouterie  
Herstellung von Uhren und Schmuck

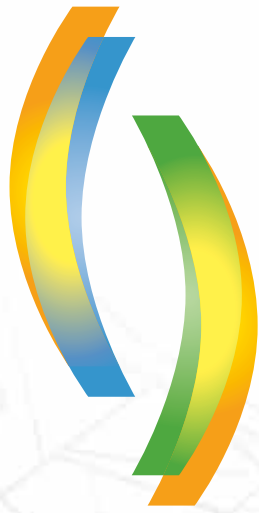
N° 1262 Janvier/Février 2022

Une publication du groupe Europa Star HBM 



Incabloc®  
protège  
les plus beaux  
mouvements !

100% SWISS MADE



# EPHJ

LE MONDE DE LA  
HAUTE PRÉCISION 

14-17 JUIN 2022  
PALEXPO GENÈVE

HORLOGERIE JOAILLERIE

PALEXPO

MICROTECHNOLOGIES

MEDTECH



[WWW.EPHJ.CH](http://WWW.EPHJ.CH)



# bulletin d'informations

N° 1262 Janvier/Février 2022

Destiné aux fabricants d'horlogerie et de bijouterie  
Für die Hersteller von Uhren und Schmuck

A PROPOS DE...

## L'horlogerie post-Covid n'est plus celle de 2019

Malgré un contexte mondial qui reste délicat, l'horlogerie suisse fait preuve d'une résilience remarquable. Elle a notamment su faire face à l'interruption de l'importante manne du tourisme d'achat pour se réorienter vers les clientèles locales, en Chine bien sûr mais également aux Etats-Unis et en Europe.

2021 a non seulement été une année de rattrapage mais également une année record pour les exportations, selon les chiffres de la Fédération de l'Industrie horlogère suisse, à 22,3 milliards de francs, soit 2,7% de plus qu'en 2019 (+31,2% par rapport à 2020) et 0,2% de mieux que le précédent record de 2014.

La FH note que «les biens personnels de luxe ont notamment bénéficié du fort accroissement de la demande chinoise et américaine, des opportunités supplémentaires offertes par la digitalisation, de l'utilisation de l'épargne accumulée pendant les confinements et des restrictions plus importantes imposées

au luxe expérientiel, en particulier les activités liées au tourisme». Elle prévoit que «les biens personnels de luxe devraient connaître une demande accrue en 2022».

Les groupes cotés ont eux aussi connu une année de rattrapage, voire de record. Après la première perte de son histoire, Swatch Group a ainsi connu un fort regain, avec un bénéfice net de 774 millions de francs en 2021. LVMH, le champion mondial du luxe, décolle avec un chiffre d'affaires record de plus de 64 milliards d'euros et un bénéfice net de 12 milliards d'euros, soit une forte progression par rapport aux niveaux pré-pandémiques. Quant à Richemont, dont l'exercice est décalé, le groupe a annoncé des revenus en hausse de 35% pour le trimestre se finissant en décembre 2021.

Mais au-delà des groupes justement, un autre signal fort de cette période, portée par le succès des marques indépendantes (petites ou grandes), est la déconsolidation qui semble

émerger après deux décennies de rachats par les géants du luxe. Désormais sorties du groupe Kering, Ulysse Nardin et Girard-Perregaux pourront ainsi bénéficier de la prime qui semble profiter aux marques indépendantes. D'autres, peut-être, suivront.

Pour autant, l'horlogerie post-Covid n'est plus celle de 2019: polarisation toujours plus marquée vers certaines locomotives du marché dont la désirabilité a été décuplée; baisse structurelle impressionnante des volumes (15,7 millions d'unités exportées, soit un recul de 4,9 millions de montres en comparaison avec 2019), notamment dans l'entrée de gamme; augmentation du prix moyen.

Les sous-traitants doivent s'adapter à cette industrie toujours moins «industrielle», toujours plus «artisanale». A chacun de trouver la formule pour proposer sa propre offre d'excellence. Car c'est très certainement cette nouvelle donne qui distinguera la décennie 2020.

Serge Maillard  
Responsable éditorial, Europa Star HBM

Une revue du groupe  
Eine Fachzeitschrift der Gruppe

**europa star**

[www.europastar.com/club](http://www.europastar.com/club)



Parutions: 7 fois par an  
Abonnement CHF 65.-

Erscheint 7 mal pro Jahr  
Jahresabonnement CHF 65.-

[register@europastar.com](mailto:register@europastar.com)  
[www.europastar.biz/abo](http://www.europastar.biz/abo)

Editeur - Verlag: **Europa Star HBM SA**  
Route des Acacias 25, P.O. Box 1355, CH-1211 Genève 26  
Tél. +41 (0)22 307 78 37, Fax +41 (0)22 300 37 48  
e-mail: [vzorzi@eurotec-bi.ch](mailto:vzorzi@eurotec-bi.ch), [www.europastar.biz](http://www.europastar.biz)

Directrice des Editions Techniques / Bereichsleiterin Technische Verlagsobjekte: **Véronique Zorzi**  
Rédaction / Redaktion: **Pierre Maillard, Serge Maillard, Pierre-Yves Schmid**  
Comptabilité / Buchhandlung: **Catherine Giloux**  
Directeur Général / Geschäftsführer: **Serge Maillard**  
Administrateur / Verwalter: **Philippe Maillard**

**Contenu rédactionnel:** Mouvements, Habillement, Pierres et métaux précieux, Présentoirs, Ecrins, Eléments de vitrine, Electronique, Traitement de surface, Mécanique de précision pour la fabrication d'horlogerie et de bijouterie  
**Redaktioneller Inhalt:** Uhrwerke, Ausstattung, Edelsteine und -metalle, Etais, Displays, Elektronik, Oberflächenbehandlung, Feinmechanik für die Herstellung von Uhren und Schmuck.

# Breguet, le cercle et l'ovale

*Par nature, les aiguilles sont rigides et accomplissent un cercle parfait. C'est donc tout naturellement que la montre est née ronde et que l'écrasante majorité d'entre elles l'est encore aujourd'hui. Il est pourtant une autre forme, proche du cercle mais plus élégante, plus délicate peut-être: l'ovale. Mais comment inscrire le cercle dans l'ovale? Comment y faire tourner des aiguilles qui en suivraient précisément la forme ovoïde? Pas simple. Breguet apporte une belle et innovante réponse. En forme de coeur.*

L'innovation technologique n'est pas toujours visible au porteur de la montre. Elle se cache bien souvent dans des mécanismes complexes, se coule dans des alliages, transforme des modes de production. Mais en ce qui concerne la nouvelle aiguille à longueur variable de la Reine de Naples Coeur 9825, elle est là, sous nos yeux, gracieuse et étonnante.

Sans doute qu'en horlogerie la forme ovale a toujours été minoritaire à cause de l'impossibilité géométrique de faire coïncider aiguilles des minutes et pourtour intérieur d'un boîtier de forme. Pour y parvenir, la clé réside bien évidemment dans la flexibilité des aiguilles qui devraient varier leur longueur pour pouvoir adapter leur course à la forme ovoïde de la montre.



Cadran du prototype avec actionnement par rouages de forme. On constate que l'aiguille accomplit une trajectoire non circulaire mais qui n'épouse pas la périphérie du cadran. Fort de ces enseignements, le mode d'actionnement de l'aiguille à longueur variable qui sera retenu est celui d'un actionnement à came qui va permettre de suivre précisément la périphérie ovoïde du cadran. Pour y parvenir, l'aiguille devra être plus grande et lors de leur trajectoire le ratio entre la longueur des deux bras devra atteindre une valeur proche de 2,2, ce qui «dépasse les possibilités techniques des rouages de forme», cantonnés à un ratio de 1.6.

Des solutions pour y parvenir existent. On en connaît quelques rares, et on pense notamment à l'Ovale Pantographe de Parmigiani Fleurier. Une solution inspirée d'une montre de poche ovale de Vardon et Stedmann, restaurée chez Parmigiani Fleurier. Sa flexibilité repose sur le principe du pantographe, soit deux aiguilles télescopiques montées en parallélogramme qui

suivent dans leur déplacement la forme elliptique du cadran. La construction affiche finement sa mécanique inspirée des travaux d'un certain Gustave Eiffel.

La solution développée par Breguet pour sa belle ovale Reine de Naples est tout autre. Sa flexibilité joue sur la souplesse et l'élasticité plutôt que sur l'articulation d'éléments rigides.

## Le coeur de la Reine

Au-delà de l'aspect scientifique et technique qui se cache derrière l'aiguille des minutes de la Reine de Naples, force est de commencer par admirer la beauté et la finesse que cette aiguille flexible apporte à cette montre née ovoïde, inspirée de ce que l'on pense être la première montre destinée à être portée au poignet, en l'occurrence celui de la Reine de Naples. Indiquer les minutes qui passent par un coeur léger qui enfle et se replie est une belle réussite poétique aussi bien qu'une performance horlogère.

Mais derrière ce coeur, il y a une batterie de «chirurgiens» qui ont conjugué concepts, calculs, recherche en matériaux, tests, prototypes pour que la minute respire en suivant exactement l'ovale de la montre.

## Guidages flexibles

A la base de la réflexion théorique, on retrouve ces fameux guidages flexibles (théorisés notamment par Simon Henein dès 2001, aujourd'hui à la tête de l'Instant-Lab de l'EPFL) dont les développements ont donné lieu à nombre de récentes innovations, notamment dans la régulation. Ces guidages flexibles ont introduit tout un nouveau champ dans la mécanique horlogère.

Appliqués ici à une aiguille à longueur variable, ils apportent une solution esthétique, visible, à un problème technique.

L'aiguille est réalisée par procédé LIGA dans un alliage en nickel-phosphore, un matériau stable et résistant, retenu pour sa souplesse et sa limite d'élasticité élevée. Elle est composée d'une pointe en forme de coeur, reliée à deux lames comportant chacune une partie flexible, une partie rigide et un canon. Le tout est extrêmement fin, les parties flexibles ayant l'épaisseur d'un demi-cheveu.

En montant l'aiguille sur le mouvement, ses deux canons sont superposés l'un sur l'autre sur le même axe et sont actionnés par deux chaussées co-axiales. L'aiguille ne tourne pas. Elle ne fait «que» changer de forme et de longueur par une rotation identique de chaque bras mais de sens opposé. Elle peut passer ainsi d'une longueur minimale de 7,7 mm à une longueur maximale de 16,8 mm. Un principe d'aiguille variable désormais breveté.

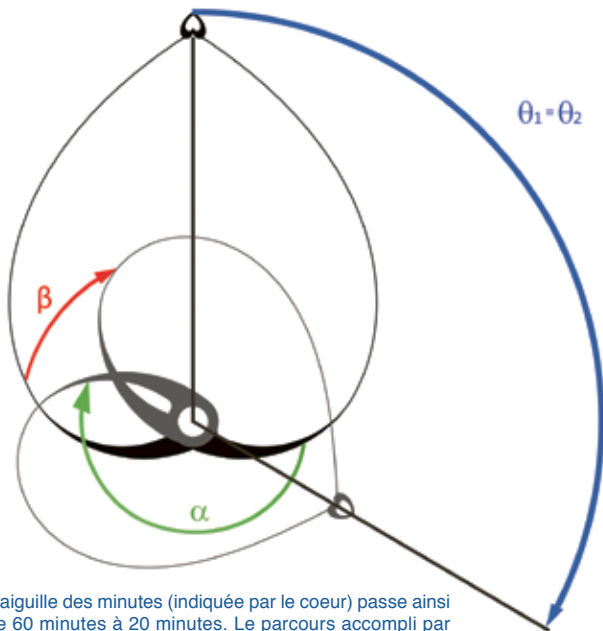
## Mise en mouvement

L'aiguille est en soi flexible, mais encore faut-il la mettre en mouvement. Toute la complexité de la recherche se trouve là. Pour actionner l'aiguille et modifier sa forme et sa longueur, chaque bras doit pouvoir être actionné indépendamment. Le mouvement de base, via la chaussée, entraîne le système d'actionnement de l'aiguille en actionnant la rotation d'un angle défini. Le mécanisme d'une planche additionnelle convertit l'angle d'entrée en une rotation du canon droit de l'aiguille et une autre rotation du canon gauche.

On vous épargne la complexité des calculs nécessaires pour parvenir à l'exactitude de l'indication, calculs qui dépendent à la fois des propriétés de déformation de l'aiguille elle-même et de la variation de la longueur souhaitée qui dépend de la courbe de la forme ovoïde du cadran. En plus du calcul de cette équation, il faut évaluer aussi la vitesse de rotation non constante des canons de l'aiguille.

## Le mécanisme d'actionnement

Les ingénieurs et horlogers de Breguet ont étudié plusieurs types possibles d'actionnement de l'aiguille. Une des pistes développées jusqu'à un prototype testé et fonctionnel a été



L'aiguille des minutes (indiquée par le coeur) passe ainsi de 60 minutes à 20 minutes. Le parcours accompli par le bras droit et le bras gauche diffèrent (flèche verte et flèche rouge).

de travailler à partir d'un double train de rouages de forme. Mais bien que ce prototype ait rempli son cahier des charges, offrant un fonctionnement simple, robuste et précis, cette piste (qui fait l'objet d'une demande de brevet) a été écartée du fait des limitations intrinsèques aux rouages de forme: une «modulation des déplacements angulaires des bras de l'aiguille» soumise à des variations trop abruptes nécessite-

rait des rouages dont la «non-circularité» serait trop extrême.

Autre problème: une telle construction de rouages de forme n'est pas facilement modifiable ou adaptable. Pour l'entraîner, «le système repose sur un support tournant, solidaire de la chaussée (ndlr le pignon qui commande la minuterie) du mouvement de base». Ce support entraîne à chacune de ses rotations deux chaussées solidaires des deux bras de l'aiguille. Elles interagissent avec un satellite qui porte un palpeur. Ce palpeur est lui-même en interaction avec la came, seul élément fixe de l'ensemble.

Détailler le fonctionnement précis du mécanisme, qui doit varier entre les angles respectifs des deux bras de la souple aiguille «à longueur variable», prendrait trop de place dans le cadre de cet article, entre calculs d'angle de rotation, pivotement du satellite, interactions avec la came. L'aiguille est en permanence sous tension et maintient le palpeur contre la came. (Pour plus de détails, nous vous renvoyons aux Actes de la Journée d'Étude 2021 de la Société Suisse de Chronométrie SSC)

Simple et robuste, composé de peu d'éléments, capable de répondre à des modifications de design en changeant uniquement la géométrie de la came, d'un assemblage «relativement aisé», ce système a passé tous les tests d'homologation pour une validation finale. Il fait l'objet du dépôt de deux brevets. Pour cette recherche, Breguet a collaboré avec Nivarox, Asulab et ETA, toutes entreprises du Swatch Group.

Mais au résultat, c'est avant tout la délicate grâce de cette aiguille à nulle autre pareille qui retiendra l'admiration voire l'émotion. Comme quoi, l'innovation technologique peut aussi produire de la poésie.

*Pierre Maillard*

Encore plus rapide  
Encore plus précis

Le nouvel eScrew Speed



screwdriver.lecureux.ch  
lecureux@lecureux.ch

**LECUREUX**   
SCREWDRIVER

# Vers le tourbillon (presque) parfait

On sait depuis quelques dizaines d'années maintenant que le tourbillon, inventé par Abraham-Louis Breguet pour compenser les effets de l'attraction terrestre dans la montre de poche, n'est pas conçu pour accomplir cette tâche dans la montre-bracelet. Les double et triple tourbillons ont quelque peu amélioré son efficacité, mais ils restent encore loin de leur but idéal. Les scientifiques de l'Instant-Lab EPFL de Neuchâtel se sont penchés sur la question. Ils ont conçu un «objet théorique» qui y parvient - presque. Un pas fondamental vers le tourbillon «parfait» qui serait enfin capable de remplir toutes ses promesses chronométriques. La balle est désormais dans le camp des horlogers.

En 1996, *Europa Star* publiait une «Évaluation critique du Tourbillon» écrite par Jean-Claude Nicolet, professeur à l'École d'Horlogerie de La Chaux-de-Fonds. Cette analyse se concluait de façon cinglante, en affirmant qu'en «créant le tourbillon, Breguet pensait supprimer les effets de la pesanteur. C'était là son erreur, il n'avait réussi qu'à le masquer un peu.» Et de comparer le génial horloger à un «prestidigitateur qui fait disparaître un éléphant».

C'était un crime de lèse-majesté et les réactions des horlogers à cette évaluation critique furent tout aussi cinglantes. On ne contesta guère les arguments scientifiques, mais on nous accusa surtout de vouloir «tuer la poule aux oeufs d'or» que le tourbillon était alors en passe de devenir. En effet, à cette date de 1996, on estimait que le nombre total de tourbillons fabriqués en deux siècles avoisinait seulement environ les mille pièces. C'était dire leur rareté. Depuis, et en dépit des réserves émises sur le véritable gain chronométrique du tourbillon dans la montre-bracelet, on a connu une véritable fièvre tourbillonesque. Aujourd'hui, il doit s'en faire autant chaque année qu'il s'en était alors fait en deux cents ans.

Conscients cependant des limites du tourbillon, tout spécifiquement dans la montre de poignet, les horlogers se sont depuis ingénies à tenter de surpasser ses limitations. On a vu ainsi apparaître toutes sortes de nouvelles configurations, double tourbillons, gyrotourbillons, tourbillons trois axes, tourbillons inclinés à 30° (qui, ceci dit, ont obtenu les meilleurs résultats historiques au Concours International de Chronométrie) et on en passe.

Mais nul n'est encore parvenu à obtenir le tourbillon parfaitement adapté à la montre-bracelet, car pour réussir à moyenner les écarts de marche, son axe doit balayer toutes les orientations de façon uniforme. Ce qui est un casse-tête car tous les mécanismes proposés à ce jour ont un défaut mathématique intrinsèque. On va y revenir.

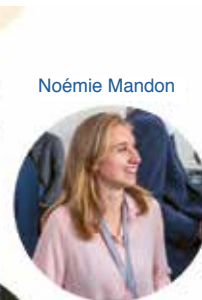
## Un travail d'équipe

Noémie Mandon est une jeune Française, tout récemment diplômée de l'École d'ingénieurs des Arts et Métiers de Cluny (où sont enseignés principalement les génies mécanique, industriel et énergétique). Pour sa dernière année d'étude, un échange académique lui a permis d'étudier à l'EPFL en Génie Mécanique. Mais la micromécanique l'attire, et tout spécialement l'horlogerie mécanique, qui a pour elle d'être également belle et raffinée. Ce sont la recherche et l'innovation aussi qui la motivent.

Elle atterrit à l'Instant-Lab EPFL de Neuchâtel, sous l'aile d'Ilan Vardi. Ils se rencontrent il y a une année à peine et Ilan Vardi ressort d'un tiroir un sujet qui y dormait depuis un certain temps: la géométrie du tourbillon. Ce sera son sujet de Master. L'objectif de la recherche est de parvenir à construire un objet théorique, en faisant du design mathématique. Le but est de corriger le défaut intrinsèque des tourbillons pour parvenir à compenser «quasi totalement» l'effet de la gravité,



Ilan Vardi



Noémie Mandon



Quentin Gubler



Patrick Flückiger



Roland Bitterli

L'équipe d'Instant-Lab EPFL à la recherche du tourbillon parfait

de le moyenner, comme pour les montres de poche de Breguet, mais dans toutes les orientations. Mais pour y parvenir, il faudra aussi imaginer pouvoir varier la vitesse de rotation du tourbillon, qui est présentement constante pour chaque axe des tourbillons actuels. Dans le design mathématique, il y a d'un côté un théorème et de l'autre son application mécanique.

Autour de Noémie Mandon, Ilan Vardi, chef de projet, réunit une équipe aux talents conjugués (il tient à souligner l'aspect collectif de ce travail effectué «tous ensemble»). Il y a là Roland Bitterli, Scientist à l'Instant-Lab, en charge de «faire attention à ce que l'objet ne devienne pas une usine à gaz», Patrick Flückiger, un doctorant qui a remporté en 2019 le Prix Omega des Étudiants avec un Master portant sur un nouveau type de pendule de Foucault, et Quentin Gubler, ingénieur et horloger venu d'Ulysse Nardin, où il a notamment travaillé sur plusieurs projets liés aux guidages flexibles.

## Le tourbillon est-il vraiment inutile?

Inventé en 1801 pour compenser les effets de l'attraction terrestre sur une montre de poche, donc portée essentiellement verticalement dans un gilet ou une veste, le tourbillon a pour but de moyenner les positions verticales et donc d'améliorer ainsi la précision de la montre. En ce sens, il accomplit parfaitement, son but. «Preuve en est, ajoute Ilan Vardi, aux COSC, les tourbillons passent automatiquement les tests dans les 4 positions verticales.»

Mais les choses se compliquent quand on passe à la montre-bracelet, dont la position au poignet implique que son orientation par rapport à la gravité change sans cesse dans toutes les directions. «Utile uniquement lorsque l'axe du balancier est perpendiculaire à la direction de la gravité», le tourbillon perd cette utilité avec la montre-bracelet. Car s'il peut moyenner les positions sur un seul plan (le vertical), il ne peut plus le faire dans l'espace.

Pour tenter de trouver une solution à cette problématique, les horlogers se tournent graduellement vers les tourbillons multi-axes. A commencer par Anthony Randall qui invente le premier tourbillon à deux axes, à la fin des années 1970. Suivent de nombreuses propositions, parmi lesquelles le Double Tourbillon 30° de Greubel Forsey, qui permet à l'axe du tourbillon de balayer un cercle à une latitude constante, puis le Gyrotourbillon inventé par Eric Coudray pour Jaeger-LeCoultre, ou encore les triple-axes, qui se sont multipliés.

## A la recherche de la distribution uniforme de points sur une sphère

Mais, comme nous l'explique Noémie Mandon, on sait que «pour moyenner dans une montre-bracelet l'effet de l'orientation du balancier par rapport à la gravité, il faudrait que



# UNE SYMPHONIE DE SAVOIR-FAIRE

**DD DUBOIS DÉPRAZ**  
AU SERVICE DES MARQUES DEPUIS 1901

Dubois & Dépraz SA  
Grand-Rue 12  
CH - 1345 Le Lieu  
+41 (0)21 841 15 51  
info@dubois-depraz.ch

[www.dubois-depraz.ch](http://www.dubois-depraz.ch)

Leader dans son domaine, Dubois Dépraz met son savoir-faire au service de ses clients.

Depuis plus d'un siècle, Dubois Dépraz marque de son empreinte l'industrie horlogère tant dans la conception, la fabrication et l'assemblage de mécanismes horlogers à complications que de composants et mobiles à haute valeur ajoutée.

Dubois Dépraz est une entreprise indépendante, qui place l'humain et ses partenaires au centre de ses préoccupations. Son nom est synonyme d'innovation, d'expertise et de qualité.



## DÉVELOPPEMENTS SUR MESURE

- Equipes projets
- Conception, laboratoire
- Prototypage, industrialisation



## MANUFACTURE DE COMPOSANTS

- Découpage, laser, usinage
- Décolletage, taillage, roulage, assemblage
- Décoration, anglage, poinçon GE



## MANUFACTURE DE COMPLICATIONS

- Haute horlogerie, sonneries
- Quantièmes annuels et perpétuels
- Chronographes, GMT, autres



La machine d'Anticythère, une calculatrice astronomique mue par une manivelle, est le plus ancien mécanisme à engrenages connu. ©Tony Freeth

la distribution des points balayés sur la sphère par l'axe du balancier soit aussi uniforme que possible».

La distribution uniforme de points sur une sphère est un problème mathématique important. Elle fait l'objet de nombreuses recherches. Si l'on sait distribuer des points uniformes sur un rectangle, «pour la sphère, il n'existe aucune solution théorique». Aux pôles de la sphère, là où latitude et longitude se rejoignent et se croisent, on butte sur une concentration de positions. Pour comprendre les conséquences de ce phénomène sur les tourbillons multi-axes, un grand ami d'Anthony Randall, l'ingénieur anglais Guthrie Easten, met en avant dès 1985 ce défaut d'uniformité. Il a une image parlante.

Imaginons un tourbillon placé au centre d'une lanterne chinoise en papier de soie. Son axe est muni d'un fusil à encre qui, à chaque alternance de l'échappement, projette une goutte à l'intérieur de la lanterne. Si l'effet du tourbillon multi-axes était parfait, les gouttes seraient uniformément espacées sur toute la surface de la sphère. Mais aux pôles, on trouve malheureusement une concentration anormale de gouttes.

Pourquoi? Parce que les rotations d'un tourbillon multi-axes sont constantes en latitude et en longitude mais qu'il ne parcourt pas la même distance en longitude selon la latitude où il se trouve. Parvenu au pôle, la distance parcourue s'annule. Ce manque d'uniformité de la distribution des points implique «un défaut de la compensation de l'effet de la position du tourbillon par rapport à la gravité».

### Varier les vitesses?

Que faire? Comme l'explique Anthony Randall, pour parvenir à moyenner de façon nulle ou constante les marches dans toutes les positions possibles, «il est indispensable que le tourbillon à deux axes varie sa vitesse» et tout spécifiquement en se rapprochant des pôles où la concentration augmente.

Varier les vitesses, l'horlogerie sait le faire dans, par exemple, un chronographe. Quelles sont les solutions pour parvenir à varier les vitesses selon les positions du tourbillon? Faut-il passer par une masse énorme de calculs ou appliquer un théorème et en tirer un objet théorique?

C'est la deuxième méthode qui est retenue: le design mathématique.

### Design mathématique

Les pistes proposées par Guthrie Easten pour résoudre le problème des vitesses variables étaient d'utiliser des engrenages non circulaires ou des cames pour faire varier la vitesse de l'axe du balancier. Mais, outre que cette approche

nécessite de nombreux et savants calculs, la réalisation d'engrenages non circulaires est particulièrement complexe. C'est donc vers une autre approche que l'équipe de l'Instant-Lab s'est tournée.

Le terme «design mathématique» peut sonner très moderne, mais, comme Monsieur Jourdain faisait de la prose sans le savoir, les concepteurs de la machine d'Anticythère (calculatrice astronomique mue par une manivelle) faisaient eux aussi, au 1er siècle av. JC, du design mathématique sans employer ce terme. Ils ne faisaient «que» réaliser mécaniquement les modèles mathématiques des mouvements des astres dus à Hipparque (v. 190 - v. 120 av. JC).

Mais ce sont les travaux d'un autre grand savant antique, Archimède, qui ont surtout inspiré les chercheurs de l'Instant-Lab. Dans un de ses théorèmes bien connus, Archimède établit la correspondance entre une sphère et son cylindre circonscrit. Son résultat dit que «la superficie d'une surface quelconque du cylindre est égale à la superficie de sa projection sur la sphère».

Un exemple bien connu de tous l'illustre parfaitement. La carte du monde réalisée selon une projection de la Terre en latitudes uniformes correspond aux tourbillons multi-axes actuels. Comme on peut le remarquer, les territoires proches des pôles paraissent bien plus étendus qu'ils ne le sont en réalité - soit l'équivalent d'une projection plus dense de points dans notre lanterne chinoise. La projection latérale de la Terre sur un cylindre conserve quant à elle les superficies des territoires et des continents.

Suivant la piste d'Archimède, on peut dès lors affirmer, qu'à l'envers de la carte qui est la projection d'une sphère sur un cylindre, une méthode pour répartir uniformément des points sur une sphère serait de distribuer des points sur un cylindre - qui peut être ramené à un rectangle enroulé - qui seront ensuite projetés sur la sphère. Comme on peut le constater selon cette méthode, la projection de points aux pôles reste uniforme.

Mais revenons à la carte rectangulaire du monde correspondant à une projection en latitudes uniformes mais avec déformation aux pôles. L'axe de rotation du tourbillon multi-axes effectue la latitude à vitesse constante, ce qui provoque «l'encombrement» des positions aux pôles. Mais cette projection latérale préserve la longitude. Dès lors, il suffirait de modifier la vitesse de l'axe de rotation du balancier effectuant la latitude sur la sphère, donc rapide en parcourant la hauteur du rectangle de projection. «Ce qui revient à la plus simple projection d'une ligne verticale sur un cercle», expliquent les chercheurs.

### Mécanisation du théorème

Le design mathématique consiste dès lors à la mécanisation de cette projection placée sur une table tournante à vitesse constante en longitude.

Le point critique de cette mécanisation est la projection d'une vitesse constante d'une ligne verticale sur un cercle. Cette projection latérale de la ligne verticale sur le cercle permet d'obtenir une vitesse plus rapide au niveau des pôles (où elle atteint théoriquement une vitesse infinie), ce qui implique une concentration moins importante de points et uniformément répartie en ces endroits, comme l'assure le théorème d'Archimède.

Pour y parvenir, il convient de mécaniser un mouvement rectiligne alterné (c'est à dire montant et descendant alternativement) à vitesse constante. Cette vitesse constante est générée par un engrenage tournant lui aussi à vitesse constante.

Plusieurs inspirations historiques permettent aux chercheurs de progresser. On retrouve le mécanisme d'Anticythère et tout particulièrement l'expression mécanique du mouvement non uniforme de la Lune ou du Soleil. Sans rentrer dans les



détails, la modélisation des travaux d'Hipparque consiste à prendre un cercle excentré représentant un Soleil virtuel, tournant à vitesse constante, et de projeter ses positions sur un cercle décalé, centré sur la Terre. On obtient ainsi une vitesse non constante sur ce cercle géocentrique. Concrètement, l'Anticythère réalise cette projection grâce à un système de goupille engagée dans une rainure, dispositif qui sera repris par le mécanisme de l'Instant-Lab.

Ce dispositif va prendre place dans le mécanisme d'un mouvement rectiligne alterné à vitesse constante décrit par Henry Brown en 1868 (dans l'ouvrage *507 Mechanical Movements*).

### Singularité polaire

Mais subsiste un os de taille que les premières modélisations vont mettre en évidence. Le mécanisme se bloque aux pôles (du fait du défaut progressif de l'alignement de la goupille dans sa rainure contre laquelle elle vient frotter). De plus, une fois parvenue au pôle, la roue du mécanisme peut tout aussi bien se mettre à tourner dans le sens horaire ou qu'anti-horaire, alors qu'il est indispensable qu'elle tourne toujours dans un seul et même sens.

Cette singularité a nécessité l'ajout d'un mécanisme supplémentaire qui prend le relais lors du passage aux pôles (par l'entremise d'un engrenage supplémentaire à deux dents). En conséquence, la distribution des positions du tourbillon ne sera plus parfaitement homogène, mais le défaut peut être minimisé par des constructions de plus en plus fidèles à la théorie.

### Au tour des horlogers de s'en emparer

En visite à l'Instant-Lab, nous avons pu de visu constater le fonctionnement de ces mécanismes utilisant une projection théorique d'une ligne verticale sur un cercle. Les chercheurs sont ainsi parvenus, de façon simple et efficace, à faire varier

la vitesse de rotation selon la latitude. Placée sur un axe de rotation effectuant la longitude, la distribution des positions dans l'espace est uniforme, sauf pour son entraînement au niveau des pôles et de leur singularité.

Pour l'instant, ce mécanisme est monté sur un bâti et entraîné manuellement par une manivelle. Mais l'ajout du balancier-spiral et de l'échappement «sera relativement direct pour les maîtres-horlogers», précise l'équipe. Son application aux tourbillons bi-axial et tri-axial permettra de compenser l'effet de la gravité «quasiment totalement». Un pas fondamental vers le tourbillon «parfait» qui serait enfin capable de remplir toutes ses promesses chronométriques.

La balle est désormais dans le camp des horlogers. Car, comme le dit Ilan Vardi, «nous sommes dans le concept. Nous offrons des solutions conceptuelles élégantes, simples, claires. Nos prototypes sont là pour inspirer les horlogers, pour leur offrir de nouvelles pistes, mais nous n'avons pas vocation à devenir nous-même des horlogers. Nous résolvons un problème puis nous passons à autre chose...» Avis aux horlogers que le tourbillon - presque - parfait est à portée de main et que sa réalisation ne tient qu'à eux.

Dernière remarque: ce travail de design mathématique, appliqué ici à l'horlogerie, ouvre également de nombreuses pistes dans d'autres domaines qui nécessitent d'annuler l'effet dû à la gravité, ou qui cherchent à faire accomplir à un objet toutes les rotations possibles, dans tous les sens, de façon uniforme. L'œil humain, par exemple, n'est-il autre chose qu'une sphère en rotation?

Une démonstration que l'innovation en mécanique horlogère peut aussi ouvrir le champ des possibles dans bien d'autres domaines.

Pierre Maillard

L'excellence

LA PIERRETTE

pierres

polissage

assemblage

1348 LE BRASSUS • SUISSE • ROUTE DE FRANCE 100A • T +41 21 845 10 30 • INFO@LAPIERRETTE.COM • WWW.LAPIERRETTE.COM

The advertisement features a dark background with various watch components and tools. At the top left, the word 'L'excellence' is written in a large, elegant, pinkish-red serif font. To the right, the 'LA PIERRETTE' logo is displayed, consisting of a small circle with a 'P' inside, followed by the brand name in a clean, white, sans-serif font. Below the main title, the word 'pierres' is written in a light, lowercase serif font, accompanied by three high-quality, faceted red gemstones. In the center, a large, polished, reddish-pink ring-shaped component is shown. Below this, the words 'polissage' and 'assemblage' are written in a light, lowercase serif font. Under 'polissage', there are several small, intricate metal parts, including a gear-like component and a small tool. Under 'assemblage', there are more metal parts, including a larger gear-like component and a tool. At the bottom of the advertisement, the contact information is listed in a small, white, sans-serif font: '1348 LE BRASSUS • SUISSE • ROUTE DE FRANCE 100A • T +41 21 845 10 30 • INFO@LAPIERRETTE.COM • WWW.LAPIERRETTE.COM'.

# Saphir: la quête de transparence

Utilisé depuis près d'un siècle en horlogerie, le saphir est devenu un matériau high-tech sous sa forme synthétique. Il équipe de plus en plus de composants dans une ère éprise de transparence: Chanel a par exemple lancé le premier bracelet en saphir en 2020. Anthony Schwab, le directeur d'Econorm, une société innovante spécialisée dans le traitement du saphir pour l'horlogerie, nous dévoile les dessous de cette matière prisée.

Derrière l'expansion de l'utilisation du saphir en horlogerie, pour le verre de montre et bien au-delà (boîtier, bracelet), figurent plusieurs sociétés spécialisées dans la fabrication et le traitement de ce matériau, comme Econorm, Sébal, Erma, Stettler ou encore Comadur (Swatch Group), pour ne citer que quelques acteurs de la branche.



Le saphir est la marque de fabrique des montres de la société Century depuis 1966.

Son entrée en horlogerie date de plusieurs décennies déjà, avec l'utilisation dès 1929 d'une glace saphir pour protéger le cadran de la Duoplan de Jaeger-LeCoultre. Depuis 1966, la marque suisse Century a pour sa part fait des montres en saphir sa spécialité, grâce à la technique ingénieuse «Megalith» qui permet de fusionner deux disques de saphir en une seule pièce inséparable. En 1980, le maître-horloger Vincent Calabrese concevait quant à lui une montre



Des diamants sur un saphir coloré? C'est ce que Richard Mille a réalisé avec la Gemset Sapphire RM 07-02. Le sertissage sur saphir est une véritable prouesse d'ingénierie qui nécessite un laser fonctionnant au micromètre près. Ce procédé prend deux fois plus de temps que pour la céramique ou le carbone.



Le modèle J12 X-Ray Calibre 3.1 de Chanel est entièrement réalisé en cristal de saphir et serti de diamants taille baguette. En 2020, la marque a présenté pour la première fois un bracelet entièrement en saphir.

entièrement en saphir pour Corum, dont la transparence permettait d'admirer toute l'ingéniosité du mouvement baguette de la Golden Bridge.

Depuis lors, la quête de transparence de l'horlogerie, qui «se dénude» pour se révéler toujours plus spectaculaire, a mené à l'utilisation croissante du saphir dans l'industrie. En 2020, Chanel poussait l'exercice jusqu'à proposer un bracelet entièrement en saphir sur sa J12, une première mondiale. En 2021, Hublot dévoilait son spectaculaire modèle Big Bang Integral Tourbillon Full Sapphire.



Zenith a récemment réinterprété deux de ses calibres pour les exposer à travers la transparence d'un boîtier saphir. D'une part, la Defy Zero-G Sapphire, dont le cadran décentré est réalisé à la main dans une mosaïque de météorite, de verre aventurine et d'émail grand feu sur une base en or. D'autre part, la Defy 21 Double Tourbillon Sapphire, équipée de deux tourbillons indépendants.

## Saphir et rubis, des cousins

«Pour innover et affiner le traitement du saphir, il faut commencer par connaître parfaitement la matière première», souligne Anthony Schwab, à la tête d'Econorm, qui dispose d'ateliers à Saint-Imier et Gams. Le saphir est en réalité un type de gemme de corindon, dont la variante rouge est connue sous le nom de rubis. Saphir et rubis sont donc des «cousins», tous deux très répandus en horlogerie, connus pour leur dureté (le deuxième matériau naturel le plus dur après le diamant) mais difficiles à usiner.

Naturellement incolore, le corindon se teinte par la présence d'«impuretés» – par exemple des traces de fer et titane engendrent la couleur bleue, la plus répandue à l'état naturel. Les principaux gisements de saphir se trouvent dans le sud de l'Asie et l'est de l'Afrique.



En 2021, Jacob & Co. a lancé de nouveaux modèles dans sa collection Twin Turbo Furious intégrant à la fois un boîtier en verre saphir entièrement transparent et une répétition minutes, une première.

Mais qu'on ne s'y trompe pas: l'horlogerie a essentiellement recours à du saphir de synthèse, produit dans la plupart des cas grâce à une méthode conçue en 1902 par Auguste Verneuil. Le procédé industriel «Verneuil» fait naître le saphir goutte à goutte à partir de poudre d'alumine mise en fusion par une flamme à l'hydrogène, à une température supérieure à 2'000 °C.

#### Traitements de pointe

«Face à la concurrence asiatique, nos partenaires Timsaph et Sébal, tous deux implantés dans le Jura, ont lancé une production de saphir 100% suisse, ce qui nous permet de pouvoir compter sur une ressource locale pour affiner nos technologies», souligne Anthony Schwab. Sur la base de cette matière première, Econorm produit depuis 2018 des saphirs «fonctionnels» pour l'horlogerie bénéficiant de traitements de pointe: antireflets 2 faces, à filtre UV, achromatiques ou encore antistatiques et hydrophobes. Non traité, le saphir refléterait beaucoup trop la lumière et le cadran ne serait pas bien visible.



Le boîtier de la Big Bang Integral Tourbillon Full Sapphire de Hublot a été totalement revu. L'objectif: retirer la quasi-totalité des vis apparentes, revoir la géométrie générale du boîtier pour l'intégrer au bracelet en saphir et retravailler les ponts et les platines principales pour leur donner l'illusion d'être suspendus dans l'espace. Le bracelet représentait également un défi complexe: il comprend à lui seul 165 composants, dont 22 sont en saphir.

Le responsable précise: «Les saphirs fonctionnels sont conçus pour aider le porteur de la montre tout comme la manufacture qui la conçoit. Par exemple, l'ajout d'une fonction antistatique permettra d'éviter les poussières au montage et de préserver la bonne chronométrie de la montre face aux

# GROH + RIPP

Die Edelsteinschleiferei  
für Ihre speziellen Wünsche



Zifferblätter - Cadrans  
Saphirgläser - Verres saphir  
Platinen - Platines

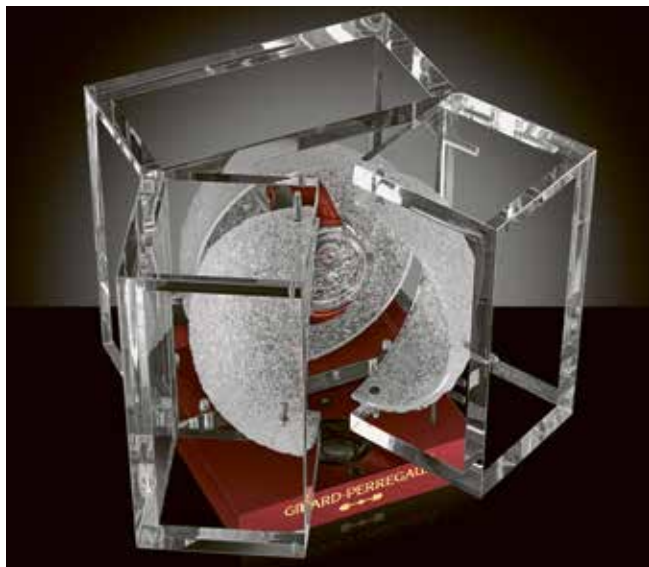
GROH + RIPP OHG

Tiefensteiner Straße 322a

**D-55743 Idar-Oberstein**

tel. +49/(0)6781/9350-0 • fax +49/(0)6781/935050

info@groh-ripp.de • www.groh-ripp.de



Dans le prolongement des modèles Quasar Light et Quasar Azure, Girard-Perregaux a lancé un garde-temps logé dans un boîtier en saphir aux accents rouges, le modèle Quasar Infrared.

effets d'électricité statique. La fonction filtre UV, quant à elle, permet de préserver les couleurs du cadran et garantit ainsi au client un produit fidèle à son choix. Elle évite aussi le vieillissement prématuré des huiles pour une montre squelette et donc un retour SAV à la manufacture.»

Outre les glaces, la société livre également des cadrans, des carrures et même des éléments du mouvement comme des roues dentées en saphir.

### Une question de prix

Pour sa R&D, Econorm collabore avec le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa). Plus d'un million et demi de verres saphir sortent chaque année des ateliers de la société, à un prix unitaire allant de moins de dix francs à plusieurs milliers de francs selon la complexité de l'ouvrage (la société a par exemple travaillé sur le verre dôme de la Flying T, la première montre pour femmes de MB&F).



Le modèle Purnell Escape II Absolute Sapphire est le premier double tourbillon à trois axes au monde logé dans une boîte entièrement en saphir avec des ponts de mouvement et un cadran en saphir.

Son saphir fonctionnel n'est d'ailleurs pas réservé à l'horlogerie: comme nombre de sous-traitants suisses, l'entreprise de 60 collaborateurs travaille également pour le secteur médical et automobile et même le spatial.

www.elefilswiss.com

**ELEFIL SWISS**

ÉLECTRO-ÉROSION PAR FIL

ELEFIL SWISS - Rue Emma-Kammacher 5A - CH-1217 MEYRIN  
Nouvelle adresse T: +41(0) 22 552 79 20 / elefil@elefilswiss.com



En 2008, De Bethune a réalisé les premières aiguilles en saphir, cerclées de titane bleu, destinées à équiper la DB26QP. Sur la nouvelle Dream Watch 5, loin de se contenter de tailler le boîtier dans un seul bloc de saphir selon les méthodes traditionnelles, le maître-horloger Denis Flageollet s'est attaché à adapter le saphir au boîtier en titane de la montre. L'équipe a dû insérer pas moins de sept pièces de saphir différentes - chacune conçue avec des courbes et des proportions uniques - qui sont ensuite encastrées dans l'exosquelette en titane poli bleu.

«Aujourd'hui, la majorité des approvisionnements en verre saphir de l'horlogerie suisse provient d'Asie, relève encore Anthony Schwab. Nous avons espoir que cela change, peut-être avec la montée en gamme de l'horlogerie suisse et l'augmentation du prix moyen. La demande devrait croître pour notre verre saphir high-tech. Mais c'est dommage de devoir en passer par là, car parfois, ça se joue à une différence de deux francs pièce...»

Serge Maillard

# ROXER

Seiler

## MACHINES DE TEST D'ÉTANCHÉITÉ & OUTILS HORLOGERS



### UNIROX

Appareil de contrôle d'étanchéité de montre par comparaison volumétrique

- Mesure par comparaison volumétrique d'une montre ou d'une boîte de montre
- Pas d'emprunte spécifique
- Posages à double chambre revêtus anti-rayures



SWISS  
MADE

ROXER SA – Rue du Collège 92  
2300 La Chaux-de-Fonds  
T. +41 (0) 32 967 86 86  
info@roxer.ch – www.roxer.ch

#### MARQUAGE OU GRAVURE

- ◆ Personnalisation
- ◆ Identification.
- ◆ Datamatrix (codes barres, QR code).
- ◆ Démétallisation.
- ◆ Gravure profonde.
- ◆ Micro usinage 3D.
- ◆ Décor.
- ◆ Texturation.

#### MICRO SOUDURE

- ◆ Positionnement automatique.
- ◆ Précision.
- ◆ Aucun apport de matière.
- ◆ Absence de contrainte mécanique.
- ◆ Formes complexes, accès difficile.
- ◆ Profondeur de pénétration jusqu'à 1 mm.
- ◆ Soudure par transparence.

#### MICRO DÉCOUPE DE MATÉRIAUX DE 0,05 MM À 3 MM

- ◆ Précision à 1 µm sur fines épaisseurs.
- ◆ Usinage sans contact mécanique.
- ◆ Découpe sur divers matériaux, céramique, silicium...

#### NOS MARCHÉS

- ◆ Horlogerie
- ◆ Bijouterie
- ◆ Luxe
- ◆ Médical
- ◆ Micromécanique
- ◆ Automobile
- ◆ Aéronautique
- ◆ Défense
- ◆ Electronique...



Zone Industrielle  
6, Chemin des Plantes  
F-70150 MARNAY

Tél. : +33 (0)3 81 48 34 60  
www.lasercheval.fr

# LASER CHEVAL

L'IMPULSION DU LASER  
POUR LES SECTEURS DE LA MICRO-MÉCANIQUE



VOTRE  
SPÉCIALISTE  
LASER

www.lasercheval.com - 2019

# Omega: les coulisses de l'innovation au 21ème siècle

*Echappement Co-Axial, spiral silicium, or 18K Sedna: tout en capitalisant sur des designs des années 1950, Omega a retravaillé en profondeur tant le mécanisme que les matériaux constituant ses modèles. A la tête du développement produit de la montre, qui permet d'entretenir les oscillations du balancier, s'appliquerait à l'échelle d'une marque comme Omega. Même si, après tout, il expliquait que son innovation avait pour ambition de «perpétuer l'affection du public du 21ème siècle pour les montres mécaniques». Le géant suisse a fait de cette innovation le point de départ d'une réinvention complète de son offre de mouvements depuis vingt ans.*



Gregory Kissling, Head of Product Management, Omega.

point de départ d'une réinvention complète de son offre de mouvements depuis vingt ans.

Un point de départ qui intervient au tournant du millénaire, en 1999, avec l'introduction par Omega d'un premier calibre Co-Axial 2500, équipé d'un balancier-spiral libre, puis du calibre Co-Axial 8500 en 2007, le premier mouvement «maison» construit spécifiquement autour de cette innovation. En lieu et place du traditionnel échappement à ancre suisse, les deux roues co-axiales et l'ancre à trois palettes réduisent les frottements du mécanisme régulateur, ce qui assure une meilleure stabilité chronométrique – et des services plus espacés.

Les racines même de la société sont à chercher dans le développement de calibres fiables: Omega tire son nom d'un mouvement développé en 1894 par la marque fondée par Louis Brandt. Un siècle plus tard, le calibre co-axial, pierre soutenant tout l'édifice mouvement chez Omega, a été peaufiné grâce à l'introduction du spiral en silicium et embellie grâce à l'utilisation de nouveaux alliages comme l'or Sedna. Cette audacieuse stratégie mouvements culminera l'an prochain avec la certification Master Chronometer de quasiment l'intégralité du catalogue des calibres mécaniques Omega. L'architecte en chef de ces développements, Gregory Kissling, nous explique comment s'est déroulée cette nouvelle quête chronométrique.

## **Europa Star: Quelle est votre approche de l'innovation?**

**Gregory Kissling:** Innover, c'est bien, mais le vrai défi pour une marque comme la nôtre, qui fait un certain volume, est d'arriver à industrialiser. Sans parvenir à la maîtrise d'une qualité constante, il est impossible d'industrialiser une approche innovante, encore moins d'en contrôler les coûts d'application. Dans le cas d'Omega, il nous faut aussi rester cohérents par rapport à notre longue histoire et notre style. C'est donc un équilibre très subtil que nous atteignons étape par étape, jamais en changeant d'un coup toute une collection. La certification Master Chronometer est un bon exemple de cette approche progressive de l'innovation: le premier modèle labellisé a été introduit en 2015 et l'an pro-



Une vue des 201 composants du Calibre Co-Axial 8501 lancé en 2007 par Omega: celui-ci marque une étape importante dans le développement mouvements du géant suisse, puisqu'il s'agit du premier calibre maison conçu autour de l'échappement co-axial.

chain cette certification concernera presque tous nos modèles, à quelques exceptions près comme le Calibre 321 de certaines Speedmaster.

## **Commençons justement par le mouvement: si vous deviez résumer l'innovation dans le calibre chez Omega ces deux dernières décennies, le point de départ serait certainement l'échappement co-axial de George Daniels introduit en 1999...**

Au démarrage, nous avons appliqué cet échappement novateur pour remplacer l'échappement à ancre suisse sur des bases de calibres ETA. Mais nous avons rapidement compris qu'il nous faudrait développer notre propre mouvement co-axial. Cela a donc donné un grand coup d'accélérateur à notre propre unité de développement de calibres, avec des exigences chronométriques particulières. Ce qui conduira in fine au Master Chronometer et son taux de variance maximal de 0/+5 secondes par jour contre -4/+6 secondes par jour pour le COSC. Dès lors, nous développons des mouvements qui nous sont propres, développés par et pour Omega, et l'on peut parler de mouvements «maison», reconnaissables notamment avec l'introduction des côtes de Genève en arabesque pour leur décoration.

## **Un autre tournant est l'introduction du spiral en silicium, amagnétique, dès 2008.**

Le brevet date de 2002 dans le cadre d'un consortium du CSEM et nous avons lancé six ans plus tard de premiers modèles équipés d'un balancier-spiral en silicium, le Spiral Si 14 (d'après le symbole chimique et le numéro atomique de cet élément), conçu pour résister aux champs magnétiques et améliorer la stabilité chronométrique. Il s'agissait du calibre Co-Axial 8520/8521 équipant la collection Seamaster Aqua Terra Ladies et du calibre Co-Axial 8601/8611 à quantième annuel équipant le modèle De Ville Hour Vision Annual Calendar. L'industrialisation de cette innovation s'est faite au niveau de Nivarox. Le but n'était pas de l'introduire dans un seul type de mouvement mais d'en équiper à terme tous nos calibres. Le spiral en silicium est la base de tous nos calibres antimagnétiques. C'est aussi une stratégie de groupe, puisque d'autres marques de Swatch Group utilisent le spiral en silicium.

## **Là aussi un signe du «temps de l'innovation»: cette technologie atteint une certaine maturité cinq ans plus tard, en 2013, avec le calibre Co-Axial 8508 résistant à plus de 15'000 gauss...**

Jusqu'alors, nous essayions de protéger le calibre au moyen

d'un boîtier interne agissant comme une cage de Faraday contre les champs magnétiques. Mais au-delà de 1'000 gauss, ceux-ci étaient suffisamment forts pour atteindre l'organe réglant. Nous nous sommes donc concentrés sur la création d'un mouvement lui-même antimagnétique. Cette nouvelle technologie, d'abord introduite dans la ligne Seamaster Aqua Terra, nous a permis de réaliser d'importants développements mouvements sans être contraint par un habillage spécifique dès lors que le boîtier de protection interne devenait inutile. Cela ouvrait la face de la montre, avec la possibilité de guichets de date, ainsi que le dos, avec un fond de boîtier transparent. La technologie rejoint l'esthétique...

***Cela aboutit aussi deux ans plus tard à une nouvelle certification Master Chronometer, délivrée par le METAS, un institut fédéral. Vous en étiez le seul détenteur mais d'autres marques commencent à être certifiées comme Tudor en 2021.***

En étant pionniers, nous avons pu aller très loin dans la déclinaison et l'approfondissement de ces critères. Aujourd'hui, certains IRM émettent des champs magnétiques dépassant les 15'000 gauss. Entre 2013 et 2015, nous avons décliné le mouvement antimagnétique sur plusieurs tailles, du calibre dame de 9 lignes au calibre de 13 lignes à deux barillets. Ces mouvements de base nous ont ensuite permis d'intégrer plusieurs complications comme le day-date ou le GMT, puis de développer des mouvements manuels. Et en matière de chronographe, le mouvement Co-Axial 9300, dont le développement a pris six ans, est un élément fondamental de notre marque très axée sur ce type de complication.

***Continuons sur les matériaux du mouvement: pourriez-vous préciser votre distinction entre vos calibres «standard» et «luxe» ?***

Sur les mouvements les plus luxueux, équipant des modèles en matières précieuses allant de l'or au platine, vous reconnaîtrez la masse oscillante et le pont de balancier réalisés en or rose Sedna. C'est un clin d'œil aux couleurs de nos calibres historiques, que l'on reconnaissait de loin car ils étaient dorés via des bains galvaniques cuivrés. Le problème avec l'or rose est qu'il a tendance à se décolorer avec le temps. Nous avons ainsi introduit notre propre alliage Sedna en 2012 afin de stabiliser sa coloration. Cette innovation a aussi été un nouveau point de départ pour l'ensemble de notre recherche matériaux. Nous avons combiné notre recherche matériaux à notre recherche mouvement pour concevoir le calibre Omega du 21ème siècle.

***Comment avez-vous affiné votre recherche matériaux?***

Nous avons créé des groupes de travail transversaux pour développer de nouveaux alliages, comme le Canopus Gold, l'or Moonshine ou le Bronze Gold. Nous avons aussi fortement innové dans la céramique, associée au Liquidmetal ou à l'or dans le cas du Ceragold. La composante esthétique est importante. Tout comme la capacité à industrialiser et maîtriser les prix: nous savions travailler l'or 5N depuis des générations et voilà que nous cherchions à le remplacer... Ce que j'ai constaté durant ces années de R&D est qu'on est beaucoup plus efficace si l'on a un vecteur, une direction qui nous tire en avant. La marque donne le produit à trouver mais aussi la dynamique de recherche.

***L'enchevêtrement «homme-machine» est aussi un équilibre subtil... surtout pour une marque comme la vôtre qui cherche à la fois à faire de la valeur et du volume.***

C'est certain. Si vous prenez comme exemple le développement de la technologie laser, d'un côté, cela nous a ouvert de nouveaux horizons créatifs, notamment dans l'animation de nos cadrans. Mais ce développement a aussi créé de nouveaux métiers «humains». Et la patte de l'homme reste très présente même pour des quantités conséquentes, que ce soit pour la phase de développement, l'assemblage, la terminaison ou le contrôle. Les technologies peuvent être aussi performantes que possible, il y aura toujours cet aspect «subjectif», fondamentalement humain.

Serge Maillard

# NEW TABLE TOP MACHINE SX80 - hpm

HIGH PRECISION MICRO EROSION MACHINE



MICRO MECHANICS  
MICRO MOLD  
AUTOMOTIVE  
TEXTILE  
MEDICAL  
AEROSPACE

**SARIX**  
3D MICRO EDM MACHINING  
sarix.com

# Accroître encore les performances



**Lecureux SA, Rue des Prés 137, CH-2503 Biel / Bienne**

Tél. : +41 32 365 61 25

Web : [www.lecureux.ch](http://www.lecureux.ch)

Mail : [lecureux@lecureux.ch](mailto:lecureux@lecureux.ch)



# La nouvelle génération de postes Author



- Nouvelle conception
- Réglable en hauteur
- Performances accrues
- Plus de 30 modules de travail configurables
- Gestion des données de production

# Le CSEM rend le cadran vivant

L'utilisation d'un module de silicium déposé sur le cadran permet d'imaginer une multitude d'animations du visage de la montre. Cette technologie développée par le CSEM augure d'un nouvel horizon créatif pour l'industrie horlogère. Présentation.



Difficile de ne pas retrouver son regard d'enfant quand on découvre les «cadrans vivants» développés par le CSEM, un centre majeur de recherche en microtechnologies basé à Neuchâtel (au sein duquel a notamment été développé l'échappement en silicium). Ici, ce sont des poussières d'étoiles qui s'assemblent au fil du temps qui passe pour composer des «paysages» sur le cadran, sous forme de motifs poétiques représentant des phases de lune. Là, ce sont des motifs décomposés qui s'assemblent pour former les index de la montre au passage de l'aiguille des heures. Frédéric Loizeau, en charge du transfert de technologie au CSEM, présente cette innovation avec enthousiasme. «Cela fait plusieurs décennies déjà que nous travaillons sur des composants flexibles dans le cadre de notre collaboration avec l'industrie spatiale. En associant nos savoir-faire dans le spatial, le silicium, et l'horlogerie, nous avons réussi à concevoir une complication mécanique qui se «pose» simplement sur le cadran et permet de déclencher des animations grâce à un système de cames, tiges et contacts suiveurs.»

Aussi fin qu'une feuille de papier, ce module monolithique de silicium se compose de pas moins de 384 éléments déformables – soit 32 pièces par animation sur un cadran à 12 index. Le responsable précise: «La valeur de cette innovation vient notamment du contraste entre son apparente simplicité – tout est visible sur une seule couche – et l'observation qui frappe d'entrée: aucune roue dentée n'est présente. Le mécanisme en soi est magique aux yeux du passionné: on ne sait pas comment cela fonctionne.» Ces complications d'un nouveau genre sont compatibles avec tout mouvement mécanique, tant qu'elles peuvent brancher leurs contacts suiveurs sur la bonne information.

## Former et déformer la matière

Sans forcément le savoir, on utilise quotidiennement un système flexible similaire – mais beaucoup plus rudimentaire – lorsque l'on décapsule son shampoing ou sa boîte de Tic Tac: il s'agit d'une seule pièce de plastique qui s'ouvre en se déformant. Les mécanismes développés par le CSEM fonctionnent sur la base de la formation – puis déformation



«Moon Dust»: Le cadran est composé de centaines d'étoiles. Certaines s'assemblent pour former la phase de lune en cours.

– des composants flexibles pour former les motifs souhaités. L'usage du silicium est essentiel pour travailler avec la précision requise, de l'ordre du micron.

Tout en recourant à un matériau innovant et à des principes en œuvre dans l'aérospatiale, cet «automate de cadran» a aussi une filiation directe, bien horlogère, avec les automates des Jaquet-Droz du 18<sup>ème</sup> siècle, puisqu'il repose sur un système similaire de cames transmettant les informations d'animation de la pièce.



## Une âme poétique

A l'origine, Francis Cardot, chercheur au CSEM, a imaginé et développé de toute pièce ce concept afin d'apporter une autre âme, plus poétique, à l'affichage horloger. Des finitions peuvent être réalisées sur les motifs ainsi créés, par exemple sous forme de peinture miniature. «Libre cours à l'imagination: avec ce nouveau type de complication, les possibilités créatives sont quasiment infinies pour les horlogers», souligne Frédéric Loizeau.

Suite à de premières consultations sur cette innovation au sein de l'industrie horlogère, le CSEM envisage de créer une entité distincte afin d'en poursuivre le développement et de la valoriser commercialement. Frédéric Loizeau l'assure: l'industrialisation de cette technologie aura de quoi dynamiser la créativité de toute marque. On veut bien le croire... et l'on attend avec impatience les premiers résultats!

Serge Maillard

# Voir l'usine du futur en couleurs



La collecte, la gestion, l'analyse et la restitution intelligente des données critiques de l'entreprise sont au coeur de la révolution industrielle que nous vivons actuellement, et seront essentielles dans l'organisation de l'usine du futur qui se met en place.

L'intelligence collective développée en partenariat avec nos clients nous positionne en première place sur les nouvelles technologies pour les applications industrielles.

Les organisations performantes seront toujours sous CLIPPER.

 **CLIP INDUSTRIE**

 **CLIPPER**<sup>ERP/GPAO</sup>

[www.clipindustrie.ch](http://www.clipindustrie.ch)

# La nouvelle génération arrive chez Positive Coating

En moins de 20 ans, Positive Coating est devenue une entreprise incontournable lorsqu'il s'agit de revêtements décoratifs et fonctionnels. La société familiale est reprise par un trio représentant la nouvelle génération, Lucien, Benoit et Ophélie Steinmann.



Pierre-Albert Steinmann, fondateur et actuel directeur de Positive Coating, et Isabelle Droz, directrice, transmettent le flambeau aux trois enfants de Pierre-Albert. La société est reprise par le trio, Lucien, Benoit et Ophélie, frères et sœur passionnés dès la première heure par l'aventure de l'entreprise familiale.

En moins de 20 ans, Positive Coating est devenue une entreprise incontournable lorsqu'il s'agit de revêtements décoratifs et fonctionnels. Elle a su convaincre par son expertise les plus grandes manufactures horlogères et les acteurs du monde du luxe.

De retour de trois ans passés dans les Laboratoires de la NASA (développement et caractérisation de couches autolubrifiantes pour le domaine spatial), Pierre-Albert Steinmann enseigne à la Haute Ecole Arc Ingénierie les «Matériaux et Technologies des Surfaces». Il identifie alors un besoin spé-



cifique pour les revêtements PVD dans l'horlogerie. Positive Coating, un spin-off de la HE-Arc, naît en 2004.

Une entreprise familiale débute: Pierre-Albert sollicite son frère Jean-Michel afin qu'il le soutienne financièrement dans l'aventure. Isabelle Droz, la belle-sœur de Pierre-Albert, rejoint la société en 2005 en tant que directrice des opérations.

Puis c'est au tour de ses deux fils: Benoit en 2010, et une année plus tard Lucien, tous deux au bénéfice d'une formation en ingénierie. Courant 2021, Ophélie décide à son tour de rejoindre la société afin d'apporter son soutien au service commercial. Pour les trois entrepreneurs, la préparation à la reprise de l'entreprise passe par une formation Micro MBA en management entrepreneurial.

La transmission s'effectue dans la continuité et le respect des clients de l'entreprise et des collaborateurs de la société. Ce passage de témoin a été anticipé depuis longtemps déjà. L'immersion des repreneurs au sein de l'entreprise depuis plusieurs années et une communication interne régulière avec les salariés permettent aujourd'hui de faire de cette reprise une évidence.

«C'est une grande fierté et une immense satisfaction de voir que le joyau que l'on a créé, développé et accompagné avec passion est arrivé à un stade de maturité qui permet une transmission sereine à de jeunes entrepreneurs motivés, mes trois enfants», déclare Pierre-Albert Steinmann.

Les collaborateurs de l'entreprise sont donc préparés à cette transition entre les deux directions. Isabelle Droz et Pierre-Albert Steinmann ont décidé de réduire leur temps de travail mais resteront au sein de l'entreprise encore quelque temps afin de soutenir ces jeunes repreneurs et toute l'équipe pour faire de cette transmission un vrai succès. ■

## Your watches, better, easier



Composants horlogers haut-de-gamme



Soutien & développement technique



Suivi de project

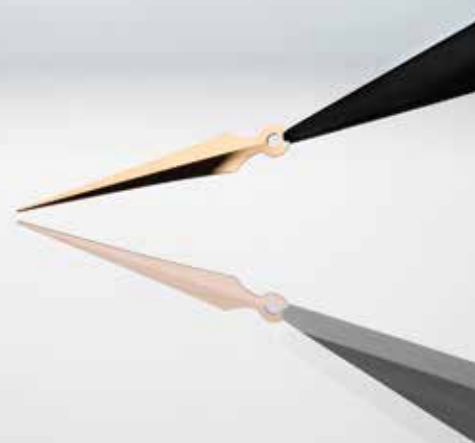
## H-Development Sàrl

info@h-development.ch  
+41 32 521 06 13



Contactez-nous !

**H-Development**  
TECHNICAL & BUSINESS SOLUTIONS



# PAViX

Solution intelligente  
pour la pose-aiguille



www.VOH.CH

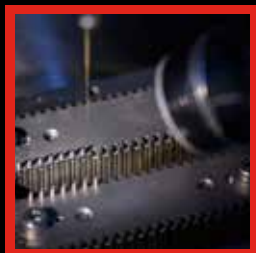


# ARCOFIL

CONCEPTION



ÉLECTROÉROSION



ÉTAMPAGE



USINAGE CN



Mécanique de précision

www.arcofil.ch

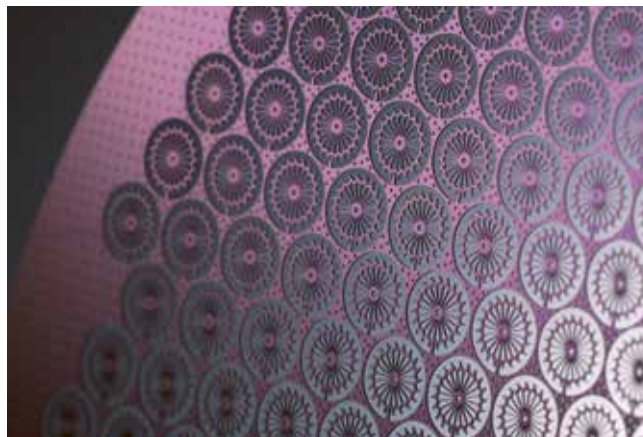
2610 St-Imier

# Le silicium, voie royale pour le futur de la montre mécanique?

A l'automne 2022, le brevet qui protège la réalisation industrielle des spiraux en silicium tombera dans le domaine public. Selon de nombreux acteurs, peu ou prou l'essentiel de l'horlogerie mécanique se convertira progressivement à cette technologie qui améliorera le standard de ses performances tout en lui simplifiant économiquement la vie.

Dès la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, l'horlogerie a commencé à s'intéresser au silicium, ce métalloïde que l'on trouve en abondance dans la croûte terrestre dont il constitue 28%, connu depuis l'Antiquité mais isolé pour la première fois en 1823, puis transformé en silicium monocristallin en 1854 par le chimiste français Henri Sainte-Claire Deville. Utilisé comme matériau de base dans la fabrication des transistors, des circuits imprimés et des micropuces, il a permis de révolutionner l'industrie informatique et a donné son nom à la Silicon Valley.

Si l'horlogerie s'y intéresse de près, c'est que ce matériau a des propriétés exceptionnelles: il est élastique sans pour autant se déformer, donc en cas de choc il se déplace et revient aussitôt à sa forme initiale, il est très dur (1100 Vickers contre 700 Vickers pour l'acier), léger (densité de 2,33 g/cm<sup>3</sup> contre 8 g/cm<sup>3</sup> pour l'acier), hautement résistant à la corrosion et, très précieuse qualité horlogère, il est insensible au magnétisme. Mais il a aussi des défauts: il est cassant comme son «cousin» le verre et est sensible aux variations de la température.



Un «wafer» dans lequel sont fabriqués les microcomposants en silicium par gravure profonde, dite gravure DRIE.

La recherche va néanmoins permettre de surmonter ce double handicap en même temps que se développera la technologie des «wafers», ces galettes de silicium dans lesquelles il est possible de découper les toutes petites pièces de précision que requiert l'horlogerie.

## «Une nouvelle dimension offerte à l'horlogerie mécanique»

La première utilisation du silicium en horlogerie est l'oeuvre de Ludwig Oechslin pour Ulysse Nardin avec sa Freak révolutionnaire, présentée en 2001, premier mouvement intégrant des composants en silicium. Mais cette réalisation pionnière en forme de démonstration restera pour un temps marginale.

La véritable entrée en majesté du silicium dans l'horlogerie «traditionnelle» va être le fait de Patek Philippe qui, prenant tout le monde de vitesse, présente en 2005 en première mondiale une roue d'ancre en silicium monocristallin pour échappement à ancre suisse. L'annonce fait sensation et le communiqué de l'époque, aux accents triomphaux, décrit «une innovation dont on ne peut pas encore mesurer toute l'ampleur mais qui offre une nouvelle dimension à l'horlogerie mécanique».

Cette roue d'ancre, qui ne nécessite aucune lubrification, d'une forme plus parfaite et précise qu'une roue en acier, équipe alors une série spéciale limitée à 100 exemplaires du Quantième Annuel Réf. 5250, première série de l'unité «Patek Philippe Advanced Research». Elle est officiellement proposée à «un cercle restreint de collectionneurs et amateurs passionnés d'exclusivités technologiques, afin de leur permettre d'être les premiers à profiter d'une innovation qui marquera un tournant dans l'industrie horlogère».

A l'époque, beaucoup d'observateurs haussèrent des épaules à cette annonce. Mais la suite allait bien démontrer que Patek Philippe n'exagérait pas et que le silicium avait vocation à s'imposer graduellement à l'ensemble de l'horlogerie.

## Le consortium

Patek Philippe n'était pas la seule entité horlogère à travailler sur le silicium et ses potentialités. Dans un premier temps, la maison genevoise avait collaboré pour sa recherche notamment avec l'IMT, un centre de recherche en microtechnique de l'Université de Neuchâtel. Mais pour explorer plus avant les potentialités horlogères de ce matériau, un consortium réunissant Patek Philippe, Rolex et le Swatch Group avait été créé au sein du Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) de Neuchâtel.

Les recherches menées par ce consortium vont permettre la réalisation industrielle de spiraux en silicium. Une avancée stratégique.

**LIGNE D'ASSEMBLAGE FLEXIBLE**

**CLIA**

**SAMPLE MANAGEMENT SYSTEM SMS®**  
Optimisez vos flux de production

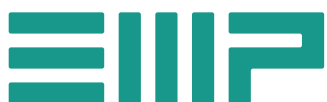


**SYSTÈME DE TRANSPORT INTELLIGENT PILOTÉ PAR LE LOGICIEL OMS**

Copyright © CLIA All rights reserved

▲ Votre équipement flexible multi-références, combinant opérations manuelles et automatiques tout en garantissant la traçabilité de votre production





Ebauches Micromécanique  
Precitrame SA



## NOS COMPÉTENCES AU SERVICE DE LA PRÉCISION

depuis 1983



Ebauches Micromécanique Precitrame SA  
Combe-Aubert 3, 2720 Tramelan, Switzerland  
T +41 (0)32 486 96 10 | F +41 (0)32 486 96 11  
info@empsa.ch | www.empsa.ch

 **STETTLER  
SAPPHIRE**  
*swiss level of perfection*

Super performances avec  
du matériau high-tech

Rien ne peut troubler la beauté du saphir. Le saphir est presque indestructible et résiste pratiquement à toutes les influences extérieures. Les verres de montres et les composants techniques en saphir séduisent par leur résistance aux rayures, leur surface non poreuse, brillante et polie et leur transparence complète. Un matériau développé pour des générations.

Stettler Sapphire SA offre une liberté de conception. Du design classique, en passant par les verres complexes jusqu'aux pièces et formes techniques très compliquées. La particularité des formes toriques: deux rayons coulant l'un dans l'autre, adaptés à l'anatomie de l'homme. Aucune autre forme n'offre autant de possibilités créatives.

**Stettler Sapphire AG**  
Bürenstrasse 24  
CH-3250 Lyss  
Telefon +41 32 387 40 40  
Fax +41 32 387 40 50  
www.stettlersapphire.ch

Outils & Machines Laser de Soudage et Marquage | 3D Prototypage Rapide | Apprêts  
Distributeur général GRS pour Europe, Russie et Afrique du Nord | Entretien | Formation

Outils professionnels pour  
travail de gravure et sertissage

**GRS**



044 818 18 18

Nous sommes heureux de vous conseiller.

**(artSUPPORT)**

TOOLS AND EQUIPMENT

Artsupport GmbH  
Glattalstrasse 222 | Postfach  
CH-8153 Rümlang  
info@artsupport.ch | www.artsupport.ch



La Patek Philippe 5650G Advanced Research Aquanaut Travel Time White Gold, éditée en série limitée en 2016, est un exemple d'innovations croisées. Elle combine un organe régulateur high-tech en silicium et, seconde innovation, un dispositif de mise à l'heure qui remplace les habituelles articulations pivotantes par des mécanismes dits «complets» ou flexibles. Ce dispositif, composé de seulement 12 pièces en acier filigrané avec plusieurs ressorts à lames entrecroisés - contre les 37 pièces utilisées dans le mécanisme traditionnel - transmet les actionnements des deux poussoirs de fuseau horaire à l'affichage de l'heure locale.

Au départ, la crainte était que le silicium, malgré toutes ses qualités, ne se révèle trop cassant et trop sensible aux variations de température pour être employé à la fabrication d'un spiral. Mais la solution trouvée par les recherches menées conjointement a été de l'oxyder, comme si une fine couche d'«écorce» le rendait plus rigide et le protégeait des écarts de température. En hommage à Charles Edouard Guillaume, inventeur du fameux Invar et prix Nobel en 1920, permettant de minimiser les effets de la température sur un spiral métallique, cette technologie a été nommée Silinvar®.

### Une introduction progressive

A partir de ce saut technologique majeur, les trois membres du consortium ont chacun développé leur utilisation du silicium de façon plus ou moins rapide. Patek Philippe, poursuivant sur sa lancée, va présenter son spiral isochrone Spiromax® dès 2006, son échappement (roue d'ancre et ancre) Pulsomax® en 2008, complétés par le balancier Gyromax® en or et Silinvar® présenté en 2011.

Réunies, ces innovations, présentées graduellement en éditions limitées Patek Philippe Advanced Research, forment un organe régulateur high-tech complet, baptisé du nom d'Oscillomax® qui est inauguralement implémenté la même année dans le calibre automatique extra-plat 240Q Si (Q pour Quantième Perpétuel; Si pour Silinvar®).

Le silicium démontre ainsi ses considérables avantages, dus à sa légèreté, à sa géométrie et à son aérodynamisme optimisé, permettant d'accroître la réserve de marche de 50% et d'atteindre un degré de précision exceptionnel de -3/+2 sec/24h. Aujourd'hui, dix ans plus tard, le silicium est présent dans 95% des montres de Patek Philippe. Une onction papale, en quelque sorte.

Rolex attendra jusqu'en 2014 pour introduire à son tour son spiral baptisé Syloxi dans le calibre dame 2236 de l'Oyster Perpetual Datejust Pearlmaster 34. En composite de silicium et d'oxyde de silicium, il présente une géométrie brevetée qui optimise son isochronisme. Il est vrai que la marque à la couronne peut se permettre d'attendre car, en ce qui concerne le thème majeur de l'antimagnétisme, cette innovation prend place aux côtés du spiral paramagnétique Parachrom bleu lancé par la marque dès 2000.

Quant au Swatch Group, il va introduire le silicium dès 2009, d'abord chez Breguet puis chez Omega, avant d'étendre très progressivement son utilisation à presque toutes ses marques, y compris Tissot avec sa Tissot Powermatic 80, Certina ou encore Hamilton. Un développement industriel mené par ETA et par Nivarox- qui par ailleurs approvisionnent

l'immense majorité de l'horlogerie suisse en spiraux traditionnels. Cette démocratisation du silicium, le Swatch Group y parvient grâce à sa force industrielle et prend du même coup une avance importante.

### Démocratisation en cours

Si, au départ, le spiral en silicium est l'apanage de marques haut de gamme, c'est que sa fabrication coûte alors cher, autour des CHF 100 pièce. Par ailleurs, les trois entités du consortium détenant le brevet vont aussi, chacune de leur côté, mener des recherches complémentaires sur les procédés de fabrication, les géométries, les divers traitements, déposant au passage autant de brevets, afin de parvenir à décliner et industrialiser au mieux cette innovation. Et de fait, aujourd'hui, un spiral en silicium ne revient plus qu'à environ CHF 20.

Mais le brevet initial de l'oxydation du silicium pour le rendre insensible aux écarts de température va tomber prochainement dans le domaine public, en novembre 2022 pour l'Europe puis en 2023 pour le reste du monde, dont le Japon. La technologie du silicium, qui a prouvé sa fiabilité, va donc s'ouvrir à tous les acteurs de l'horlogerie.



### Sigatec, un acteur majeur

Un des acteurs majeurs de cette technologie, placé aujourd'hui au premier plan, est Sigatec. Ce spin-off de Mimotec (racheté par le groupe Acrotec), fondé en 2006 et détenu à parts égales par Mimotec et Ulysse Nardin, est pionnier dans la fabrication de composants micromécaniques en silicium. Forte aujourd'hui d'une quarantaine de collaborateurs, cette entreprise très high-tech installée en Valais, disposant de coûteuses salles blanches, est active en horlogerie mais aussi dans le biomédical, le microfluidique, la connectique, produisant plus d'un million de pièces par an.

Pour Marc-André Glassey, son directeur depuis la fondation de la société il y a 15 ans, l'ouverture du brevet au domaine public représente une importante opportunité de développement. «En 15 ans, nous avons eu le temps d'acquérir de nombreuses et fines connaissances qui nous ont permis de véritablement construire le métier, affirme Marc-André Glassey à Europa Star. L'ouverture du brevet au domaine public, qui libérera le marché des spiraux, est certainement prometteur. D'ailleurs, nous agrandissons nos locaux en rachetant une usine à côté de Mimotec et y ouvrons une nouvelle salle blanche, un investissement très conséquent. Mais il y aura comme toujours les early users et les late adopters. Si certaines marques se lancent déjà dans des annonces, bien d'autres restent en attente. Mais tôt ou tard, toutes y viendront.»

### Le silicium, transformateur des métiers horlogers

Marc-André Glassey pointe par ailleurs une évolution de la demande qui préfigure des transformations à venir de l'industrie horlogère suisse. «Les manufactures veulent de plus en



# Servo-Pressse PE20

## La nouvelle ère de la précision



- Répétabilité / précision de positionnement: < 0.003mm
- 7 gammes de force pour une mesure précise de la force
- Disponible sous forme de presse stand-alone ou de poste de travail ergonomique



Covatec SA | Rue des Prés 137 | CH-2503 Biel/Bienne | Tél +41 32 344 99 70 | www.covatec.ch



**COVATEC**

## YERLY



Système de serrage YERLY pour l'horlogerie, la microtechnique, la technique médicale et l'aéronautique.

YERLY clamping system for the watch-making industry, the micro-technology sector, medical technology and the aerospace sector.

YERLY Spannsystem für die Uhrenindustrie, Mikromechanik, Medizinaltechnik und Luftfahrt.



Precision: 2 µm

Banc de pré réglage 3 axes, porte-outils palettisable.

Pre-setting tool with 3 axes, palletized tool carrier.

Voreinstellgeräte mit 3 Achsen und palettierte Werkzeugträger.



VDI 20/30  
Tornos  
Citizen  
Mori-Seiki  
HSK

YERLY MECANIQUE SA

Rte de la Communance 26 CH-2800 Delémont  
Tel. +41 32 421 11 00 Fax +41 32 421 11 01  
info@yerlymecanique.ch | www.yerlymecanique.ch

## INHOTEC

Usinage de composants horlogers



Rue de France 59  
CH-2400 Le Locle  
Tél. +41 32 931 18 00  
info@inhotec.ch  
www.inhotec.ch

## Horage, dans les starting-blocks

Andi Felsl, à la tête d'Horage (a small team that delivers a big punch, comme la marque de Bienne se définit), l'a d'ores et déjà annoncé: dès que le brevet indispensable pour réaliser un spiral en silicium insensible aux écarts de température tombera à l'automne 2022, Horage se tient prêt à lancer de nouveaux modèles équipés de ses propres spiraux en silicium.

Persuadé que le silicium est «la seule voie», Andi Felsl nous détaille son parcours. «Nous avons commencé par examiner de très près tous les brevets, toutes les options. Peu à peu, nous avons appris la technologie et l'avons maîtrisée [avec l'aide de l'Institut allemand Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V., ndlr]. Mais nous ne pouvions pas l'utiliser. Pendant 20 ans, l'innovation a été empêchée. Comme le dit la sentence, *innovation is low when the market is high*. Mais aujourd'hui, nous sommes prêts. Les prix ont baissé, mais ils étaient artificiels.»

Le régulateur en silicium propriété d'Horage sera monté sur le propre mouvement développé et produit par la marque. Pour Andi Felsl, c'est «un grand avantage économique».

«Le silicium est plus cher, nous explique-t-il, mais au bout du compte vous faites d'importantes économies car les temps de réglage d'un spiral traditionnel sont considérables et coûtent très cher. Et les tests qui s'ensuivent, tel le COSC, sont très onéreux. Mais pour en arriver là, nous avons dû apprendre à maîtriser tout le processus industriel et, surtout, l'assemblage, le work flow qui est complètement différent. Cette industrialisation est la partie la plus difficile mais désormais nous en maîtrisons toutes les étapes. Le but d'Horage est d'offrir des produits performants à des prix raisonnables. Le silicium nous permet d'atteindre les performances que nous visons aux prix acceptables auxquels nous croyons [soit entre CHF 2'300 et 12'000, ndlr].»

«Le silicium permet une chronométrie supérieure produite à un niveau industriel, tient-il à ajouter. L'avenir de l'horlogerie suisse est là, dans une horlogerie à haute performance. Car ses niveaux en volume ne vont pas augmenter, elle va en rester au plafond des 6 millions de montres mécaniques par an. Mais le produit lui-même va s'améliorer encore et encore. Ce qui renforcera d'autant son attractivité. Nous avons survécu à la crise du quartz. Le silicium est notre allié pour poursuivre l'aventure.»

plus recevoir des sous-ensembles d'oscillateurs déjà montés, nous obligeant à automatiser l'assemblage en vue des volumes requis. La demande va clairement vers un produit déjà terminé et assemblé.» Avec l'oscillateur en silicium, l'assemblage proprement dit de l'ensemble du mouvement s'en trouve considérablement simplifié. Là où il fallait plusieurs dizaines d'opérations, une seule suffit. De quoi transformer les métiers même de l'horlogerie.

La démocratisation du silicium est en route: d'autres brevets vont progressivement tomber dans le domaine public – dès 2023, celui de la courbe terminale externe avec «bosses» de Patek Philippe, qui réduit les écarts de marche, puis de sa courbe interne en 2037.

Est-ce à dire que cette technologie désormais performante va se généraliser dans l'horlogerie mécanique suisse? Marc-André Glasey nous rappelle que le problème numéro 1 du SAV est lié aux dégâts du magnétisme. «L'amagnétisme est donc un thème majeur. Ce que démontrent aussi bien Ro-

lex, Tudor ou Omega avec leurs innovations. Dans ce champ, le silicium est optimal. Mais à l'avenir, le marché va se jouer uniquement entre spiraux en silicium et spiraux métalliques amagnétiques.»

Les marques se distingueront les unes des autres selon leurs options. On peut d'ores et déjà imaginer une lutte «marketing» autour du thème majeur de la résistance aux champs magnétiques. A l'image de l'annonce conjointe du Swatch Group et d'Audemars Piguet (en 2018) de ce «spiral révolutionnaire», taillé dans un nouvel alliage compensateur amagnétique appelé Nivachron™.

## Nouveaux échappements

Mais il n'y a pas que le spiral dans la vie du silicium. Cette technologie a aussi permis de développer toute une série de nouvelles approches de la régulation et de son échappement.

Sans revenir ici sur le détail de ces innovations, on pense notamment aux échappements novateurs autorisés par l'usage du silicium, comme celui, fameux, de la Zenith Defy Lab, concocté par Guy Sémon et ses équipes, du Régulateur Genecand présenté par Vaucher Manufacture, qui allie structures sur guidages flexibles et technologies du silicium, de l'Échappement Constant de Girard-Perregaux qui repose sur l'instabilité d'une lame de silicone flambée, des nombreuses explorations et réalisations d'Ulysse Nardin ou, plus près encore de nous, de l'oscillateur en silicium monolithique de Frédérique Constant battant à 40Hz.

Ces usages spécifiques des potentialités du silicium pourraient-elles à terme supplanter l'usage du silicium dans le strict cadre conceptuel du mouvement à ancre traditionnel? Si Marc-André Glassey éprouve «de l'admiration pour ces systèmes», auxquels il contribue activement avec Sigatec, ils resteront à son avis des «spécialités, des produits de niche qui ne vont pas prendre la place de l'échappement traditionnel high-tech».

## «Les champs du possible sont ouverts»

Il n'empêche. L'innovation est un processus continu et, silicium ou autre, «les champs du possible sont ouverts», comme nous l'exprime Philip Barat, à la tête de la R&D de Patek Philippe (un service de recherche appliquée verticalisé et intégré, réunissant 150 personnes dont 50 au seul prototype).


«Nos recherches portent notamment sur le domaine de la flexibilité. Nous avons déjà exploré et réalisé des guidages flexibles en métal. Beaucoup de choses deviennent aujourd'hui possibles. On peut prendre le seul exemple du ressort qui paradoxalement s'affaiblit quand on l'arme! Il y a aussi l'exploration d'autres matériaux, comme le phosphore, par exemple, la recherche sur les traitements thermiques, sur les niveaux d'élasticité. Il y a beaucoup à faire dans la mécanique, dans les nouveaux matériaux, les poudres, le verre métallique... L'avenir est aux nouveaux matériaux, plus fins encore, plus performants encore.»

Le silicium est loin d'avoir (déjà) dit son dernier mot. Mais il entre aussi en concurrence avec de nouveaux matériaux en gestation et en développement. En ce qui concerne l'échappement, il y a fort à parier que dans un avenir relativement proche, l'échappement en silicium deviendra la nouvelle règle. Pour s'en distinguer, et avec de bons arguments scientifiques, techniques et économiques, des marques miseront sur des alternatives performantes.

Après le règne sans partage durant de nombreuses décennies de l'échappement à ancre suisse traditionnel à spiral métallique, ira-t-on vers une atomisation des modes de régulation de nos montres mécaniques? L'avenir le dira.

Pierre Maillard

# SIAMS

AU CŒUR DE L'ARC JURASSIEN DES MICROTECHNIQUES 



# 3...2...1...

IL EST TEMPS DE RETROUVER LES ACTEURS  
DU MONDE DE LA MICROTECHNIQUE

**450 ENTREPRISES**

VOUS ATTENDENT AU

# SIAMS

DU 5 AU 8 AVRIL 2022

FORUM DE L'ARC - MOUTIER

Billets d'entrée gratuits dès  
février 2022 à télécharger sur:  
[www.siams.ch/tickets](http://www.siams.ch/tickets)



# Des montres en lévitation

La jeune société de «magie promotionnelle» Levita a remporté l'un des six Luxury Innovation Awards 2021 lors du Luxury Innovation Summit organisé à Genève fin octobre. Il faut dire que leur proposition de faire léviter les objets en vitrine est proprement bluffante.



Les horlogers aiment à employer métaphoriquement le mot de «magie» à propos de leurs créations. Mais au sens propre, la magie ou les magiciens, en d'autres termes les illusionnistes, ont enrichi l'horlogerie de plusieurs de leurs trouvailles. A commencer par le «créateur de la magie moderne», le célèbre Robert-Houdin.

C'est à cet ancien ouvrier horloger, devenu magicien, mécanicien hors pair, fabricant d'automates, inventeur que l'on doit notamment la première Pendule Mystérieuse dans laquelle les aiguilles sont magiquement suspendues et flottent en lévitation dans le vide et la transparence. Jusqu'à nos jours, Cartier s'en est fait une spécialité et en a tiré quelques chefs d'oeuvre.



Un des numéros les plus célèbres de Jean-Eugène Robert-Houdin (il a abandonné son nom de «Robert», trop fréquent en horlogerie, pour celui de sa femme, «Houdin») était L'Enfant soulevé par un cheveu ou La Suspension Ethérée dans lequel il faisait léviter son propre fils dans un nuage d'éther. Tous les magiciens du monde ont repris ses tours et ses techniques.

## Magie promotionnelle

Levita est une jeune société belge, fondée en 2018 par deux magiciens, Clément Kerstenne et Philippe Bougard. Connus pour leurs shows et reconnus à l'international dans le milieu



L'équipe de Levita.

des magiciens professionnels pour leurs concepts innovants. Après avoir fondé la société de magie In The Air dès 2012 ils ont développé, mis leur talent, leur ingéniosité et leur humour au service d'une magie qu'ils appellent «promotionnelle».

Leurs interventions lors d'événements d'entreprise sont multiples, d'une magie de proximité à des shows grandioses dans lesquels ils transforment des voitures en citrouilles. Avec Levita, ils se sont mis à développer une technologie unique. Celle-ci permet de mettre en lévitation de petits objets qui flottent et circulent 7 jours sur 7 et 24h sur 24 dans le vide de leur vitrine.



## «Un mélange d'électro-mécanique et de secret de magicien»

Si la montre, en l'occurrence, lévite et flotte, c'est grâce à «un mélange d'électro-mécanique et de secret de magicien». C'est tout ce qu'on en saura officiellement.

Le système «magique» est fluide, la montre se déplace et se dévoile sous tous les angles, dessinant des arabesques dans le vide. Il peut parfaitement fonctionner sans vitre et on peut se saisir de la montre et la prendre en mains.

Une possibilité que la boutique Roger Dubuis de Genève utilise joliment: quand un client vient chercher sa montre, il la découvre lévitant dans l'entrée et peut lui-même la prendre en mains.

Un logiciel permet de définir les mouvements et de dessiner les parcours et les vitesses de la ou des pièces en lévitation. «On peut très bien imaginer un essaim de bijoux en forme d'abeilles qui virevoltent et se croisent dans le vide», nous explique Nicolas Dembour, qui gère les opérations de Levita.

La part électro-magnétique du système est munie d'une carte-mère que l'on peut relier avec nombre de dispositifs additionnels. Un seul exemple: on peut très bien imaginer



la relier à une caméra ou à un détecteur de présence et faire ainsi interagir directement l'objet en mouvement avec le spectateur en se rapprochant ou s'éloignant en le suivant dans ses mouvements. Les possibilités créatrices de cette «automatisation de la magie» semblent considérables, les opportunités de scénographies innovantes sont nombreuses.

Pour l'instant, le poids et le volume des objets en train de léviter est encore limité. Mais à proche échéance, Levita pourra faire flotter des objets de deux ou trois kilos. Un prototype fonctionne déjà avec une bouteille de champagne proche du kilo.

#### Une technologie invisible

Un des points importants est de faire en sorte que la technologie - totalement invisible - ne prenne pas le pas sur l'objet mais soit là pour en magnifier la présence, qu'elle soit au

service de l'objet, montre, bijou, accessoire, vêtement voire oeuvre d'art.

Les grands groupes du luxe, que ce soit Richemont ou LVMH, s'intéressent d'ores et déjà de très près aux propositions de Levita. Certains ont récemment franchi le pas, comme Roger Dubuis ou encore Audemars Piguet qui ont installé une dizaine de vitrines Levita principalement en Asie.

Mais l'objectif de la jeune entreprise en magie promotionnelle est de conserver une certaine exclusivité et de faire en sorte de tisser des rapports étroits pour que ses clients s'approprient graduellement cette technologie et l'enrichissent créativement. Leur prix garantit déjà une forme d'exclusivité, avec un prix de base de 18'000€ pour une vitrine seule, rabaisé à 13'500€ pièce pour une commande de dix vitrines.

D'ores et déjà plusieurs modèles de grandeurs différentes sont proposés. Notamment de petites vitrines transportables, destinées à des présentations ponctuelles ou des expositions.

Mais comme on le sait, les magiciens ont plus d'un tour dans leur sac.

«En ce moment, nous travaillons sur d'autres automatisations de numéros classiques de la magie, abonde Nicolas Dembour. Nous travaillons notamment sur la téléportation et son automatisation. Imaginez une vitrine dans laquelle il y a quatre sacs côte à côte. Dans chaque sac on trouve un objet différent. L'objet est télétransporté d'un sac à l'autre. Il est ici, il disparaît puis il réapparaît magiquement dans un autre sac...»

De quoi revivifier spectaculairement l'art de la vitrine.

*Pierre Maillard*

# LE RDV GRAND SUD DE L'INDUSTRIE 4.0






**3 JOURS + 3 ÉVÉNEMENTS  
= 360° D'EXCELLENCE.**

**Nouveau  
palais des expositions  
«Jacques Chirac» Valence**





en partenariat  
avec  
DIGITAL  
LEAGUE



**RSD<sup>3</sup> 2022, retour du salon en présentiel !**

**22-23-24 mars 2022**

SOUS TRAITANCE INDUSTRIELLE  
ÉQUIPEMENTS - PROCESS AGROALIMENTAIRE  
SOLUTIONS NUMÉRIQUES

**RESTEZ CONNECTÉS TOUTE L'ANNÉE**

**# RSD<sup>3</sup>**

Un événement

+ D'INFOS : [RSD3.FR](http://RSD3.FR)



## LISTE DES ANNONCEURS

<b>Arcofil, St-Imier</b>	<b>21</b>
<b>Artsupport, Rümlang</b>	<b>23</b>
<b>CLA, Delémont</b>	<b>22</b>
<b>Clip Industrie, Sion</b>	<b>19</b>
<b>Covatec, Bienne</b>	<b>25</b>
<b>Dubois-Dépraz, Le Lieu</b>	<b>7</b>
<b>Ebauches Micromécanique Précitrame, Tramelan</b>	<b>23</b>
<b>Elefil Swiss, Meyrin</b>	<b>12</b>
<b>EPHJ 2022, Genève</b>	<b>c.II</b>
<b>Groh &amp; Ripp, Idar-Oberstein</b>	<b>11</b>
<b>H Development, Bienne</b>	<b>20</b>
<b>Hardex, Ecole-Valentin</b>	<b>30</b>
<b>Horotec, La Chaux-de-Fonds</b>	<b>c.IV</b>
<b>Incabloc, La Chaux-de-Fonds</b>	<b>c.I</b>
<b>Inhotec, Le Locle</b>	<b>25</b>
<b>La Pierrette, Le Brassus</b>	<b>9</b>
<b>Laser Cheval, Marnay</b>	<b>13</b>
<b>Lécureux, Bienne</b>	<b>5+16-17</b>
<b>NGL, Nyon</b>	<b>c.III</b>
<b>Roxer, La Chaux-de-Fonds</b>	<b>13</b>
<b>RSD3 2022, Valence</b>	<b>29</b>
<b>Sarix, Sant'Antonino</b>	<b>15</b>
<b>SIAMS 2022, Moutier</b>	<b>27</b>
<b>Stettler Sapphire, Lyss</b>	<b>23</b>
<b>Stoco, Cortailod</b>	<b>30</b>
<b>VOH, Courtelary</b>	<b>21</b>
<b>Yerly, Delémont</b>	<b>25</b>

**Additionnons nos talents**



*De la poudre au produit fini*

- > Mise en forme par : injection CIM, pressage uniaxial
- > Usinage des matériaux durs : alumine, zircone...
- > Terminaison des pièces (polissage, sablage, satinage, gravure...)

Contact : Eddy Rossi  
Tél : 03 84 31 95 40  
Fax : 03 84 31 95 49  
Email : info@hardex.fr  
www.hardex.fr

**HARDEX**  
imi

**stoco** SA  
H-assembly  
LECUREUX GROUP

Votre partenaire pour l'assemblage




Stoco SA  
Route de l'Areuse 8  
2016 Cortailod  
info@stoco.ch  
+41 32 552 22 50



## VOS ALLIÉS POUR LA PROTECTION DES PIÈCES

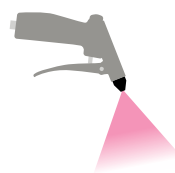
### APPLICATIONS DESTINÉES À L'HORLOGERIE ET LA BIJOUTERIE



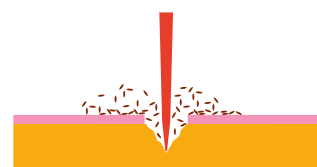
**SCHUTZLACK**



- Vernis d'épargne hydrosoluble
- Disponible en rose, bleue ou transparente
- Application en aérosol, au pistolet ou au pinceau
- Séchage rapide
- Sans composés CMR
- Élimination simple en milieu lessiviel
- Protection temporaire des zones sensibles lors des opérations d'usinage, de polissage ou de marquage laser



Application de la laque



Protection lors de l'usinage  
ou de la gravure laser



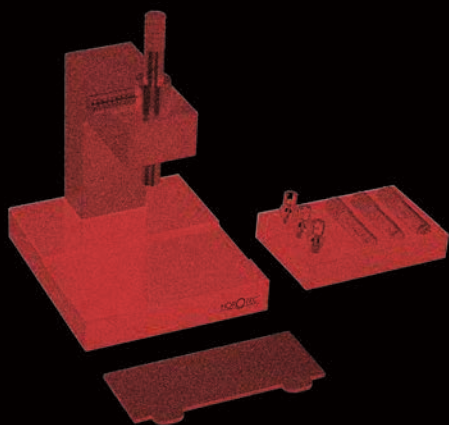
Élimination de la laque  
avec le Galvex 20.02





## POTENCE À DÉCHASSER LES AIGUILLES

| MSA05.129



Potence à déchasser les aiguilles, sans contact avec le cadran.  
Cette potence permet de déchasser les aiguilles en toute sécurité,  
garantissant leur extraction sans abîmer le cadran.

**Contenu :**

- 1 potence MSA05.129-01
- 1 outil à main MSA05.128-02
- 1 support MSA05.129-02 pour extracteurs et goupilles
- 1 plaque amovible
- 3 extracteurs MSA05.129-060, MSA05.129-150 et MSA05.129-250
- 3 goupilles MSA05.128-015, MSA05.128-060 et MSA05.128-100.

**HOROTEC SA**

Av. Léopold-Robert 105b  
Case postale 837  
2301 La Chaux-de-Fonds  
SWITZERLAND  
[www.horotec.ch](http://www.horotec.ch)



Marché Suisse  
T. +41 32 925 95 95  
F. +41 32 925 95 96  
[swiss@horotec.ch](mailto:swiss@horotec.ch)



Export Markets  
T. +41 32 911 21 21  
F. +41 32 911 21 22  
[export@horotec.ch](mailto:export@horotec.ch)

**SUIVEZ-NOUS SUR :**



[horotec\\_switzerland](https://www.instagram.com/horotec_switzerland)



[horotecswitzerland](https://www.facebook.com/horotecswitzerland)