

# HORLOGERIESUIS

## watch around

| 008

L'horlogerie suisse authentique



N° 008 | AUTOMNE 2009 - HIVER 2010

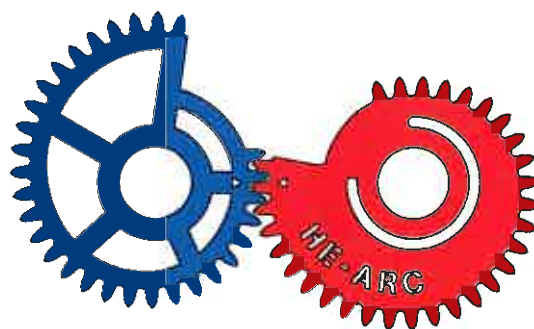
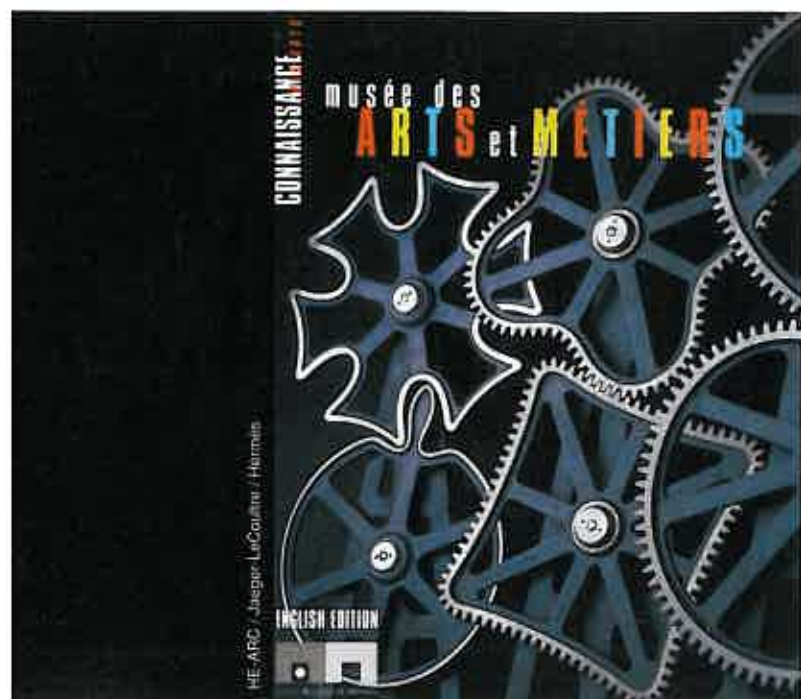


9 771662 164003

CHF 12 € 8.50 US\$ 8.99 CAN\$ 9.99

F

## La quadrature du rouage



Qui a dit que les rouages devaient être ronds ?

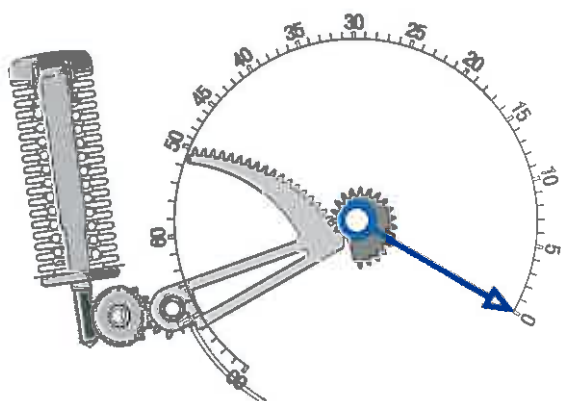
**Timm Delfs** Des engrenages en forme de cœur, de carré ou de feuille de trèfle ? C'est possible. La Haute Ecole ARC du Locle a développé une méthode pour calculer de tels mécanismes à des dimensions minuscules, de sorte qu'ils puissent trouver place à l'intérieur d'une montre.

Comme le temps s'écoule parfois lentement ! Nos montres nous font croire que chaque minute est égale à la précédente et la suivante. Mais subjectivement nous ressentons le temps de manière bien peu linéaire. A celui qui attend impatientement, le temps semble s'allonger sans fin, tandis que celui qui passe un bon moment a toujours l'impression que le temps file trop vite. Parabole de cette sensation de non-linéarité du temps, Hermès a créé une ligne de montres dont l'aiguille des heures se déplace effectivement à une vitesse irrégulière. Afin de ne pas perdre la lisibilité précise de notre temps standardisé, les index sur le cadran sont également disposés de manière asymétrique afin de correspondre à la marche non linéaire des aiguilles.

Le secret de ce mécanisme poétique ? Afin que l'aiguille se déplace par moments plus rapidement ou

plus lentement, les constructeurs de Vaucher Manufacture à Fleurier, où sont conçus les mouvements des montres Hermès, ont recours à une astuce étonnante : ils utilisent des rouages qui ne sont pas ronds. Cela semble absurde de prime abord, pourtant cela fonctionne bel et bien. Qui plus est, la forme des roues dentées utilisées dans le mécanisme des montres Hermès a l'air bien conventionnelle lorsque l'on se rend compte de tout ce qui est possible en matière de forme d'engrenage. Auriez-vous pu seulement imaginer un mécanisme avec une « roue » carrée ?

Lors des treizièmes journées d'études de la Société Suisse de Chronométrie à Lausanne le 16 septembre 2009, Paul Winkler, professeur à la Haute Ecole ARC du Locle, a démontré les applications possibles d'engrenages de toutes les formes sauf ronds, bluffant la majorité des participants, pourtant experts en technologie horlogère, à en juger par les réactions dans la salle. Pourtant, le principe est tout sauf nouveau. Le Musée des Arts et Métiers à Paris expose de tels mécanismes étonnants datant déjà du XIX<sup>e</sup> siècle.



Profondimètre à roue en colimaçon de Jaeger-LeCoultre pour modèle de plongée.



Ces prototypes, mus par manivelle, étaient à l'époque surtout conçus à titre de démonstration, plutôt que pour des applications sérieuses. Certaines machines sont pourtant connues pour utiliser des engrenages de forme irrégulière. La distribution à cames utilisée par exemple dans les moteurs à combustion est certainement la plus connue.

#### **Un engrenage a toujours besoin d'un complice.**

Le principe et les applications possibles de rouages irréguliers sont relativement faciles à expliquer. Considérons pour commencer un engrenage conventionnel. Si la roue d'entraînement est plus grande que la roue entraînée, un effet démultiplieur en résulte : la roue conduite tourne plus rapidement que celle qui la conduit. Dans la configuration inverse d'une roue d'entraînement plus petite, on obtient un effet réducteur : la roue menée de taille supérieure tournera plus lentement que celle qui la mène. Deux roues dentées de taille identique tournent en revanche à la même vitesse lorsqu'elles sont engrenées, mais dans tous les

cas leurs sens de rotation sont opposés. Pour engrener des rouages de forme irrégulière, le couple doit avoir des formes complémentaires. Pour que l'engrenage soit en contact permanent lors de la rotation du mécanisme, il faut que le plus petit rayon de la roue d'entraînement rencontre la roue entraînée exactement là où elle possède son rayon le plus grand. Par exemple, la pointe d'un rouage en forme de cœur doit se loger dans une dépression correspondante dans le rouage opposé. La forme de la roue d'entraînement n'a pas seulement une influence directe sur celle de sa réciproque, elle influence également le rapport de démultiplication des deux engrenages, qui change ainsi continuellement. Pour que les deux rouages interagissent parfaitement, il faut que leur taille respective obéisse à un certain rapport. Les « roues » doivent soit être identiques et avoir le même nombre de dents, soit être un multiple l'une de l'autre. Mais d'autres combinaisons sont possibles, comme le montre l'exemple de l'engrenage carré et son correspondant en forme de trèfle, soit un rapport de trois pour quatre.



L'affichage poétique de l'heure chez Hermès est fondé sur des roues non circulaires.

**Originalité et utilité pratique.** Les propriétés de rapports de démultiplication variables sont utilisables dans la pratique en horlogerie comme dans la construction d'autres instruments. Cela permet la réalisation de complications divertissantes, à l'exemple de celle conçue par Hermès. Mais il est également possible de les utiliser pour des applications tout à fait sérieuses, à l'exemple d'un altimètre, où le rapport entre la diminution de la pression de l'air et l'augmentation de l'altitude n'est pas linéaire. Tandis qu'avec un engrenage conventionnel il faut compenser cet effet par une échelle non linéaire sur le cadran, grâce à deux rouages en forme de colimaçon il est possible d'afficher une échelle à intervalles réguliers. Jaeger-LeCoultre a déjà utilisé ce principe pour le profondimètre de sa Master Compressor. La combinaison d'engrenages irréguliers avec un mécanisme planétaire et des différentiels ouvre bien d'autres possibilités encore. On arrive ainsi à réaliser des mécanismes où les aiguilles peuvent s'arrêter ou faire des aller et retour. C'est le principe qui gouverne les affichages rétrogrades, les heures sautantes ou encore les Equations du Temps.

**Ancien principe, nouvelles applications.** Le professeur Pascal Winkler souligne qu'il n'est pas l'inventeur de ces principes. Mais son équipe de la Haute Ecole ARC a développé un procédé pour calculer la construction de ces mécanismes et permettre la fabrication d'engrenages irréguliers dans les dimensions et les tolérances requises pour l'horlogerie. Le plus grand défi, selon lui, est la réalisation de la denture de ces éléments mécaniques: «Aucune dent n'est identique à l'autre, chacune doit être construite individuellement.» La fabrication requiert des procédés tels que l'usinage LIGA de composants de haute précision en nickel ou la découpe photolithographique de pièces minuscules en silicium. Pascal Winkler conclut habilement en lançant la balle aux fabricants horlogers: «C'est à vous maintenant d'imaginer des applications appropriées. Dans ce domaine, rien n'est encore patenté.»

On apprend d'ailleurs que Maurice Lacroix s'est déjà assuré une telle application et que la marque surprendra au printemps prochain avec une montre totalement non conventionnelle. Mais le secret est de mise jusque là. ●