

Matériaux en horlogerie: abécédaire historique

PAR DOMINIQUE FLÉCHON, EXPERT ET CONSULTANT EN HAUTE HORLOGERIE

Matériaux historiques et «nouveaux matériaux»

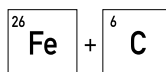


Depuis les débuts de l'horlogerie mécanique, les matériaux de base sont les alliages cuivreux et les matériaux ferreux. Comme l'atteste l'Astrarium que Giovanni de Dondi termine en 1386, le couple pignons en fer ou en acier et roues en laiton apparaît de manière précoce pour des raisons tribologiques.

Les horlogers comprennent immédiatement que les matériaux nécessaires à la construction des premiers horomètres à ressort moteur (mentionnés entre 1365 et 1400) doivent répondre à des impératifs incontournables, sans cesse plus nombreux et complexes et qui concernent la mise en œuvre (découpe, formage, usinage,...), le fonctionnement (élasticité, résistance aux frottements, à l'abrasion et au vieillissement) et l'environnement (par exemple un faible coefficient de dilatation thermique face aux écarts de température ou la résistance à la corrosion).

Horloges, pendules et montres doivent ainsi beaucoup à l'essor de la métallurgie sans laquelle elles n'auraient pu perdurer durant plus de 700 ans. D'empirique à ses débuts, l'art du métal est progressivement devenu une subtile et complexe chimie que l'horlogerie a su s'approprier au même titre que les progrès des sciences et des connaissances.

Depuis plusieurs années, de nouveaux matériaux ont fait leur entrée dans l'univers horloger tels les alliages à base de titane ou d'aluminium, le silicium ou encore le «Liquidmetal». A l'aube des années 2000, l'augmentation dimensionnelle des boîtiers et le développement des bracelets métalliques ont incité le monde horloger à se tourner vers des matériaux les plus légers possibles.



ACIER

Depuis l'Age du fer, l'oxyde de fer est travaillé dans des bas fourneaux à une température relativement basse. La masse hétérogène ou «loupe» qui en sort est martelée afin d'éliminer les scories. Les blocs métalliques ainsi façonnés s'avèrent ne pas tous avoir les mêmes propriétés et nul ne sait alors définir fer, acier et fonte.

Dans l'Antiquité, les Grecs pratiquent la cémentation, enrichissement par le carbone du fer qui se durcit et se transforme en acier.

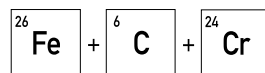


Pour certains, l'Age du fer commence en réalité réellement avec le Moyen Age, époque où ferrer bêtes de trait et montures des chevaliers s'avère nécessaire. Dans la Belgique du 12^e siècle, du fer est obtenu par affinage d'une première fonte donnant entre autres de l'acier. Au Moyen âge, le terme «acier» désigne des alliages qui, chauffés au rouge, durcissent par trempage dans l'eau.

Le procédé se répand en Styrie et en Carinthie puis en Allemagne, au Piémont et en Hongrie. Dans la seconde moitié du 13^e siècle, la force hydraulique des cours d'eau près desquels s'installent les ateliers de métallurgie anime des souffleries permettant d'élever la température des fours et communique par l'intermédiaire d'arbres à cames un rythme soutenu à des marteaux de plus en plus lourds qui débarrassent le métal de ses scories.

Au 15^e siècle, le haut fourneau tend à se généraliser en Europe. Permettant d'atteindre des températures de l'ordre de 1600°, il fournit de la fonte en fusion qui, affinée, se transforme en acier naturel.

Ce n'est qu'à la fin du 18^e siècle que la teneur en carbone sert à distinguer fer, acier et fonte. Aujourd'hui, fer industriel et aciers doux contiennent un taux de carbone inférieur à 0,050 %, l'acier entre 0,050 et 2,1 %, la fonte entre 2,1 et 6,67 %.



ACIER INOXYDABLE

Les premiers alliages de fer et d'acier résistant à la corrosion ont été coulés dès l'Antiquité comme en témoigne le pilier de Delhi érigé vers l'an 400. Toutefois, ce dernier doit sa résistance à sa teneur en phosphore et non en chrome selon la définition actuelle.

En 1911, l'influence du taux en chrome des alliages sur leur résistance à la corrosion est mise en évidence. Deux ans plus tard, le métallurgiste anglais Harry Brearley met au point un acier d'une teneur de 0,24% en carbone et de 12,8% en chrome qu'il nomme «rustless». Ultérieurement rebaptisé «stainless», il est le premier acier à être officiellement qualifié d'inoxydable.



ALUMINIUM

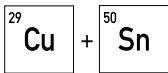
En 1821, Pierre Berthier découvre près des Baux-de-Provence (France) un minerai contenant 50 à 60 % d'oxyde d'aluminium. L'opération de réduction du minerai par le sodium s'avère si onéreuse que la valeur de l'aluminium obtenu atteint celle de l'or. Le métal est alors réservé à la fabrication de bijoux de luxe et de pièces dorfèverie destinés à la cour de Napoléon III et à une élite.

A partir de 1886, grâce à une production moins coûteuse par électrolyse, le marché des instruments de cuisine s'ouvre à l'aluminium. Bien que des montres de poche aient été réalisées entièrement dans ce métal, seuls les alliages aluminium-titane qui associent légèreté et dureté extrêmes permettent d'obtenir un composant fondamental de plusieurs céramiques high-tech anallergiques, particulièrement résistantes à l'abrasion et répondant aux besoins des horlogers.



ARGENT

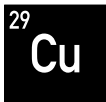
Connu depuis l'Antiquité, l'argent est employé en horlogerie, joaillerie et orfèvrerie aussi bien en tant que métal précieux que comme métal argenté obtenu par galvanoplastie. Alliage composé de 92,5% d'argent et de 7,5% d'un autre métal, il présente l'inconvénient de s'oxyder. Apprécié dans la réalisation de cadrans flinqués et de boîtiers, il est le plus apte des métaux à être plaqué d'or.



BRONZE

Le bronze, connu depuis le deuxième millénaire avant notre ère, composé essentiellement de cuivre et d'étain, a pour avantages dureté et aptitude à être moulé. Aussi est-il utilisé pour les pièces de roulement et de frottement. Il a pour inconvénient d'être bon conducteur de chaleur et plus lourd que l'acier.

Dégageant une odeur désagréable au contact de la transpiration et susceptible de provoquer des allergies, il doit être traité s'il est choisi pour fabriquer des boîtes de montres-bracelet. Allié au béryllium, il devient presque aussi dur que l'acier, se prêtant ainsi à la réalisation de balanciers.

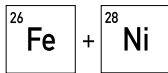


CUIVRE

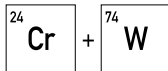
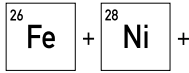
Le cuivre, associé au béryllium (autrefois appelé glucinium), offre les meilleures propriétés mécaniques de tous les alliages cuivreux en termes de dureté, résistance à la corrosion et faible coefficient de dilatation thermique. Les cupro-béryllium tendent donc à remplacer l'acier trempé des ressorts, balanciers et aiguilles.

Les cupro-nickel, connus par le passé sous les appellations commerciales d'alpaca, argentan, cuivre blanc ou

minargent, sont particulièrement résistants à la corrosion, à l'usure et à l'eau de mer. Ils peuvent servir à la fabrication des ponts, roues et aiguilles des montres de sports nautiques.



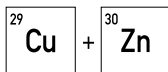
INVAR



ELINVAR

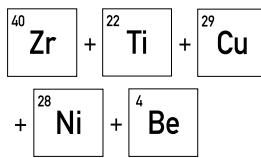
Au cours de sa carrière, Charles-Edouard Guillaume (1861-1938) met au point, fabrique et teste près de 600 alliages. Parmi ceux à très faible coefficient de dilatation, l'Invar (fer + nickel) et l'Elinvar (fer + nickel + brome + tungstène) datent respectivement de 1896 et 1913.

Le physicien utilise le premier pour fabriquer le balancier qui porte son nom. Egalement appelé balancier intégral, il annule l'erreur secondaire, défaut résiduel de la compensation thermique des balanciers de montres entre 4 et 39°C. Le second, au coefficient d'élasticité invariable, est employé dans la réalisation de spiraux compensateurs dont ceux en Metelinvar®, Durinval® ou Nivarox® sont les dérivés.



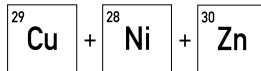
LAITON

Les laitons, alliages de cuivre et de zinc connus depuis la Préhistoire, permettent durant le Moyen Âge de produire massivement des articles de chaudronnerie et de dinanderie. Faciles à usiner, ils servent traditionnellement à fabriquer des platines, ponts, composants divers et coussinets des pendules et des montres. Peu onéreux, ils ont été choisis pour réaliser les boîtiers des premières montres à prix accessible.



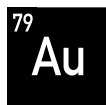
LIQUIDMETAL®

Le Liquidmetal®, nom commercial d'une série d'alliages développés par le California Institute of Technology, a été introduit sur le marché en 2003. Composé de zirconium, titane, cuivre, nickel et béryllium, sa température de fusion est moitié moins élevée que celle des alliages conventionnels basés sur le titane. Une fois refroidi, sa dureté est trois fois supérieure à celle de l'acier inoxydable.



MAILLECHORT

Le maillechort, connu de longue date en Chine sous le nom de «baï-tong», a été redécouvert par Maillot et Chorier qui lui donnent son nom. Breveté en 1827 par Philibert Maillot, il est composé de cuivre, de nickel et de zinc. Ses caractéristiques mécaniques étant supérieures à celles du laiton, il convient parfaitement à l'usinage des roues, ponts et platines.



OR

L'or, associé au symbole du Soleil, est apprécié depuis l'Antiquité. Massif ou plaqué, il habille pendules à ressort et montres depuis leur apparition. Naturellement jaune pâle ou vert pour l'électrum, il peut être coloré par adjonction d'autres métaux:

- Or jaune: or 75% + argent 12,5% + cuivre 12,5%.
- Or rose: or 75% + argent 6% + cuivre 19%.
- Or rouge: or 75% + argent 4% + cuivre 21%. Il est particulièrement prisé pour les montres à répétition et à sonneries.
- Or blanc: or 75% + argent 10% + palladium 15%. Il est fréquemment confondu avec l'or gris.
- Or gris: or 75% + nickel 12,5% + cuivre 10% + zinc 2,5%.

● Or vert: or 75% + argent 24% + cadmium 1%. Il existe à l'état naturel et porte le nom d'électrum.

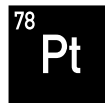
● Or violet-pourpre: or 75% + aluminium 25%. L'alliage peut comporter de petites quantités d'argent et de cuivre.

● Or bleu: or 75% + fer 24,4% + nickel 0,6%. Sa couleur bleue est obtenue par traitement thermique qui oxyde les atomes de fer à la surface du métal.



La composition des alliages est donnée à titre indicatif pour de l'or 18 carats. Elle diffère selon le pourcentage d'or pur et la nuance de teinte désirée. Par ailleurs, il existe d'autres colorations telles l'or saumon (alliage d'or et de platine) et l'or jaunevert (alliage d'or et de zinc).

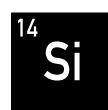
L'association d'ors de couleurs différentes aussi bien sur les boîtiers que sur les bracelets métalliques permet une infinité de décors géométriques ou figuratifs. Celle mariant le jaune, blanc, rouge et vert a été particulièrement appréciée au cours du troisième tiers du 18^e siècle.



PLATINE

Bien que de très rares bijoux réalisés en platine pur à plus de 80% entre le premier et le quatrième siècle après J.C. aient été trouvés en Equateur, l'histoire de ce métal commence réellement en 1741 avec l'arrivée en Europe d'un échantillon.

Sa première application en mécanique réside dans l'exécution présentée à Louis XVI en 1788 d'une montre à axe et palettes de la roue de rencontre en platine. Quelques années plus tard, Abraham-Louis Breguet dote sa grande complication à remontage automatique dite de Marie-Antoinette d'une masse oscillante du même métal. A partir de la fin du 19^e siècle, le platine est utilisé dans la fabrication de montres joaillères.

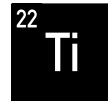


SILICIUM

Le silicium a été isolé pour la première fois en 1823 par Jöns Jacob Berzelius, savant suédois considéré comme l'un des fondateurs de la chimie moderne. Henri Sainte-Claire Deville obtient en 1854 du silicium monocristallin employé depuis en microélectronique.

Bien qu'Edward John Dent ait réalisé en 1828 un balancier spiral en verre, ancêtre des échappements en silicium, ce n'est qu'au début des années 2000 que ce métalloïde rentre dans la fabrication des roues d'échappement, balanciers et ancras grâce aux progrès de la technologie de la gravure au plasma.

De faible densité, résistant aux frottements et à la corrosion, ne nécessitant pas de lubrification, aimantique mais d'un coût d'usinage élevé, il est intégré dans la composition de divers alliages développés et brevetés par certaines manufactures horlogères.



TITANE

Découvert en 1791 par le minéralogiste anglais William Gregor et produit par l'industriel américain Matthew Albert Hunter à partir de 1910, le titane a pour avantage d'être biocompatible, c'est-à-dire doté de la faculté de résister aux fluides corporels. A la fois deux fois moins lourd et deux fois plus résistant que l'acier inoxydable, il répond aux exigences des boîtiers de montres à connotation sportive et à ceux des mécanismes à répétition et à sonnerie. ■

