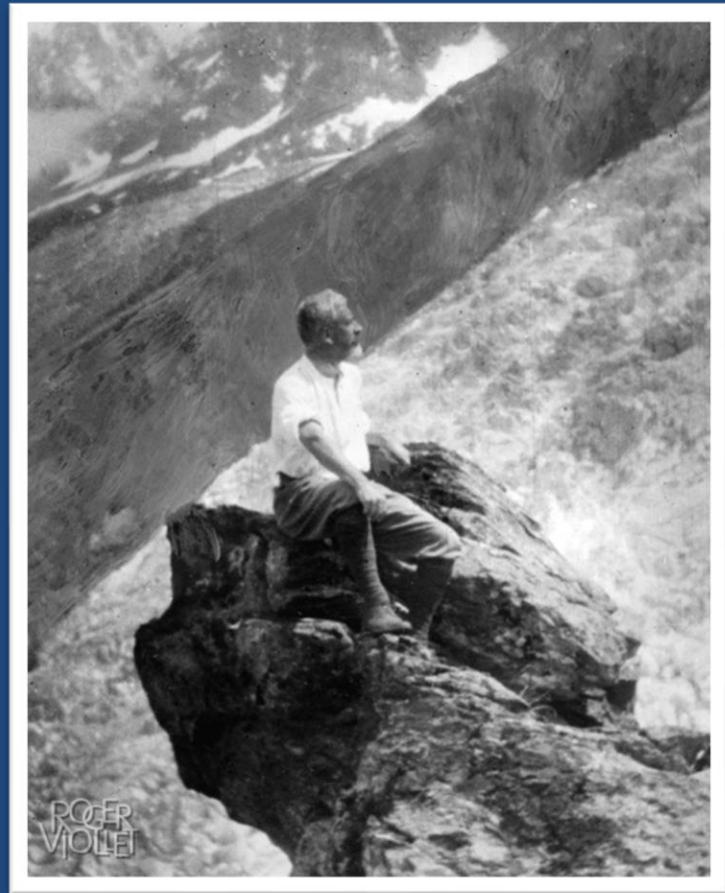


Charles-Édouard Guillaume et son héritage Perspective suisse

Philippe RICHARD
Institut fédéral de métrologie METAS
Directeur



Guillaume et la Suisse

- Charles-Édouard Guillaume est né à Fleurier dans le Val de Travers le 15 février 1861.
La ville de Fleurier compte deux Prix Nobel !
- Issu d'une famille d'horloger, il a consacré une partie de ses recherches à l'horlogerie de précision : une collaboration avec le milieu horloger de sa région natale tout au long de sa vie.
- Malgré 53 années consacrées au Bureau international des poids et mesure, Charles-Édouard Guillaume est resté très attaché à la Suisse.



*Maison familiale de la famille Guillaume à Fleurier
© Fondation C.-E. Guillaume, Fleurier*

Guillaume et la Suisse

- En Suisse, la mémoire de Charles-Édouard Guillaume, rendu célèbre par son Prix Nobel, est très fortement associée à ses travaux autour de l'horlogerie de précision. À l'ouverture de l'une de ses conférences à la Chaux de Fonds, il déclarait :
 - « *Quand on parcourt les montagnes neuchâteloises, on est frappé par l'importance de l'horlogerie.* »
- Charles-Frédéric Guillaume, le grand-père de Charles-Édouard Guillaume s'est réfugié en Angleterre en 1815 où il a épousé une Neuchâteloise descendante de réfugiés de la Révocation.
- Ils y ont fondé une famille composée de trois garçons et une maison d'horlogerie. Le père de Charles-Édouard Guillaume qui a grandi à Londres avant de retourner en Suisse devient à son tour horloger. Il est aussi très érudit et lui transmet le goût de la connaissance et de l'horlogerie.

L'horlogerie de précision

- La découverte de l'invar est l'occasion d'un retour vers la tradition familiale.

« L'existence de l'erreur secondaire des montres (...) m'avait été enseignée par mon père, et j'avais souvent pensé à la joie immense que j'éprouverais, si je pouvais lui en apporter la solution. »

- Ses travaux sur les alliages de fer et de nickel permettent à Guillaume de chercher une solution au problème de la compensation des effets de la température sur la marche des montres.



*© Musée international de l'horlogerie (MIH)
(La Chaux de Fonds)*

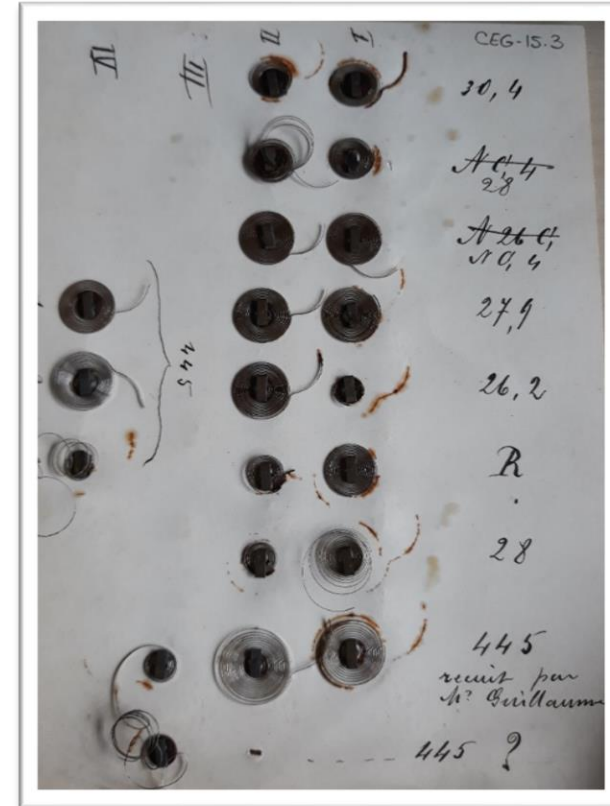
Le pendule à tige d'invar

- Guillaume met au point un pendule compensé à tige d'invar qui le met sur la voie du premier spiral compensateur constitué par un alliage de fer et de nickel avec à 28 % de nickel appelé spiral Paul Perret.
- En remplaçant la tige d'acier du pendule par une tige en invar, la compensation peut être établie avec une lentille de bronze.



Les spiraux en invar

- Dès la publication des premiers résultats sur l'invar, l'horloger Paul Perret demande un échantillon d'invar à Guillaume. Avec l'ingénieur Marc Thury (qui proposa le nom d'invar), Perret découvre que l'invar a un coefficient thermo-élastique positif. C'est le début d'une collaboration intense entre Paul Perret et Charles-Édouard Guillaume.
- Dès l'été 1897, avec des alliages à 28 % et 45 % de nickel dont le coefficient thermoélastique est pratiquement nul, ils mettent au point un premier spiral compensateur. Dans les années qui suivent, plus de **50 millions** de ces spiraux sont fabriqués et employés pour des montres ordinaires car ce spiral ne permet qu'une compensation incomplète.



Une solution à l'erreur secondaire des montres

- L'erreur secondaire des montres relève d'un défaut de proportionnalité entre les marches et la température.
- Charles-Édouard Guillaume pressent que la solution réside dans l'emploi d'un acier au nickel, il l'explique ainsi :

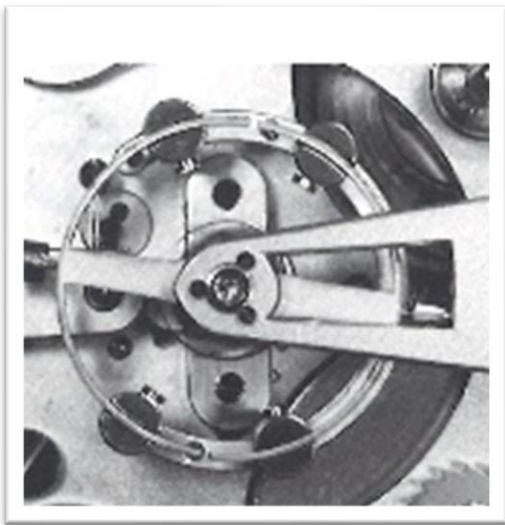
« J'étudiai le mémoire qu'Yvon Villarceau a publié dans le tome VII des Annales de l'Observatoire de Paris. Un soir du printemps 1899, la solution complète émergea tout à coup, fondée sur l'existence d'un coefficient quadratique négatif dans l'équation de dilatabilité d'une catégorie d'aciers au nickel. »



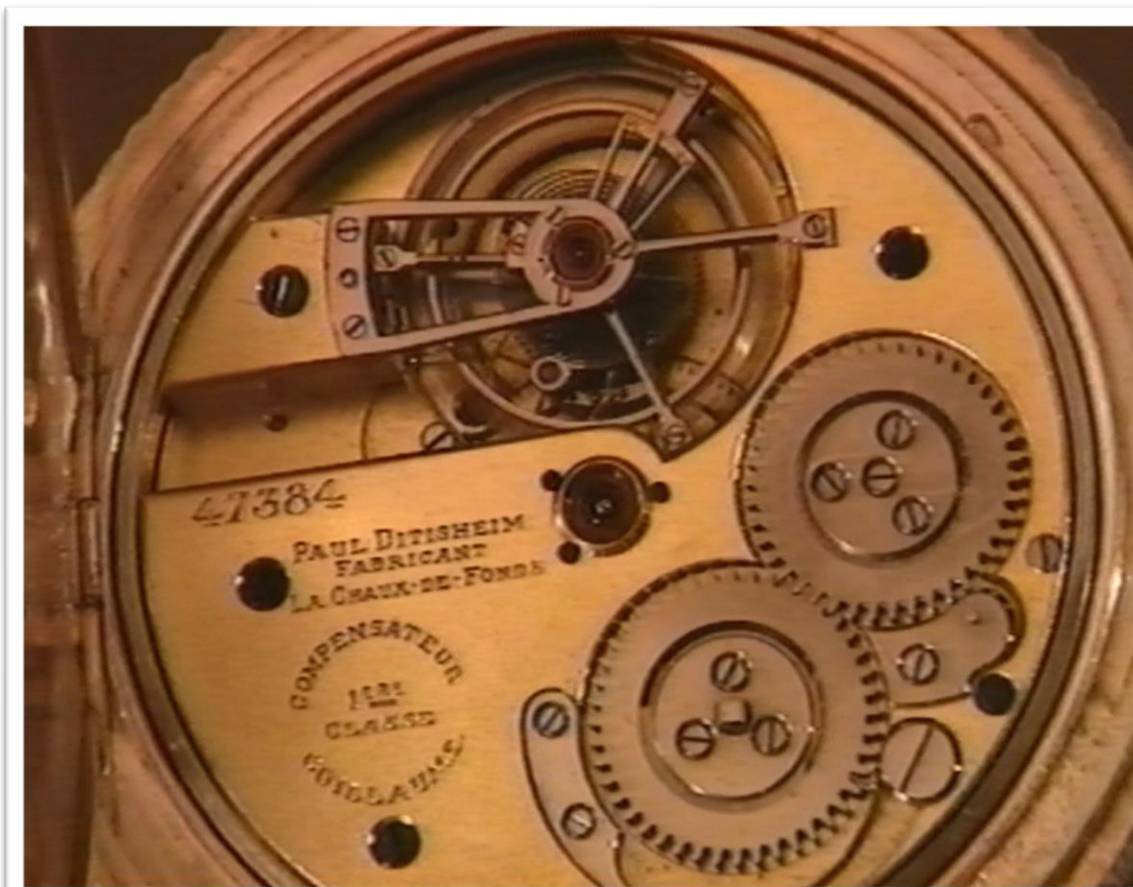
© MIH

- Les horlogers Paul-D. Nardin au Locle et Paul Ditisheim à La Chaux de Fonds effectuent des essais avec le nouveau balancier qui confirme cette théorie. **L'erreur secondaire est entièrement éliminée.** Les premiers résultats officiels sont présentés à l'Observatoire de Neuchâtel devant Adolphe Hirsch.

Une solution à l'erreur secondaire des montres



Le « balancier intégral », appelé balancier Guillaume qui annule les erreurs dues aux écarts thermiques est utilisé pour les garde-temps.



L'élinvar

- En 1912, il a l'idée d'ajouter dans ces alliages de grandes quantités de métaux tels que le manganèse ou le chrome. Il pense qu'ainsi il pourrait parvenir à une compensation complète y compris des chronomètres par l'association au moyen d'un balancier mono-métallique d'un spiral composé d'un nouveau type d'alliage : **l'élinvar** (élasticité invariable).
- Il faudra attendre huit ans pour que ce nouveau spiral soit mis au point : **les résultats sont annoncés en 1920 dans une communication à l'Académie des sciences.**

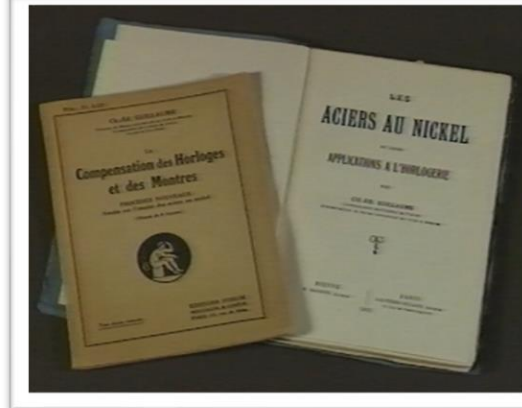


Le premier balancier monométallique avec un spiral en élinvar chronographe Zenith en 1916.



L'aboutissement de 20 ans de recherche

- La mise au point de ce nouveau spiral est accueilli dans le milieu de la haute industrie horlogère de la région de Neuchâtel comme une véritable révolution.
- Cette étape marque aussi la fin des recherches de Guillaume dans le domaine de l'horlogerie.
- Avec l'invar et l'élinvar, Charles-Édouard Guillaume aura ainsi apporté des avancées majeures à l'horlogerie : avec le balancier Guillaume, les écarts de marche des chronomètres de marine et de bord sont réduits au dixième de seconde. Le pendule en invar qui contrôle les battements des horloges astronomiques, permet une précision de l'ordre du centième de seconde.



La consécration

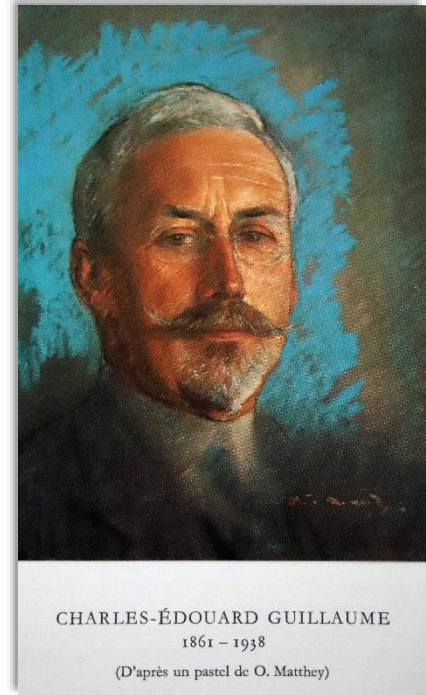
- L'application industrielle des découvertes de Guillaume pour l'horlogerie et la chronométrie est confiée à la société des Fabriques des Spiraux Réunies.
- En 1920, les travaux de Guillaume sur les alliages de fer et de nickel sont récompensés par le Prix Nobel de physique.



La posterité

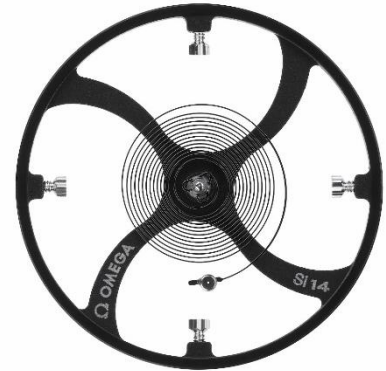
- En 1927, 100 millions de montres ont été fabriquées avec des spiraux en élinvar.
- En 1958, Ernest Dubois, directeur de la société des Spiraux réunis évoquant l'œuvre de Charles-Édouard Guillaume au cours d'une cérémonie déclare :

« Tous les chercheurs qui lui ont succédé sont plus ou moins ses élèves. À la seule exception du spiral à structure d'acier trempé, qui se situe dans le domaine des aciers irréversibles, tous les autres spiraux compensateurs sont les descendants très directs des spiraux du Dr Guillaume. (...) La multiplicité des chercheurs qui dans tous les pays se sont efforcés de perfectionner l'élinvar prouve que la découverte de cet alliage a eu pour l'horlogerie une valeur inestimable. »



La prochaine révolution horlogère

- Les **spiraux en silicium** et les mouvements mécaniques totalement antimagnétiques solution à la dépendance aux champs magnétiques
- 2002: Ulysse Nardin: 1ère montre avec spirale en silicium
- 2003: Projet de recherche et développement (OMEGA, Patek Philippe et Rolex)
- 2006: 1er spirale fonctionnelle (300 montres)
- 2008: Industrialisation et introduction dans la collection d'OMEGA
- 2013: 1ère montre antimagnétique (résistante à 1.5 Tesla)
- 2015: 1^{ère} certification Master Chronometer (par METAS)



Cette révolution technologique trouve clairement sa source d'inspiration dans les découvertes de Charles-Édouard Guillaume, près de 100 ans après son prix Nobel de physique.