Le béryllium des horlogers : transferts technologiques et district industriel dans l'Arc jurassien (XIXe-XXe siècles)

Autor(en): **Boillat, Johann**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **122 (2019)**

PDF erstellt am: **21.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-885915

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Le béryllium des horlogers

Transferts technologiques et district industriel dans l'Arc jurassien (XIXe-XXe siècles)[1]

JOHANN BOILLAT

Entre la fin du XIXe et le début du XXe siècle, la seconde révolution industrielle provoque l'irruption de techniques novatrices dans la fabrication des métaux[2]. Cette nouvelle métallurgie[3], qui se caractérise par la mise en place du système pétrole — électricité — alliages, engendre la production industrielle de métaux dits « non-ferreux ». Ces derniers peuvent être classés en quatre catégories : les métaux lourds (plomb, cuivre, zinc et étain), les métaux légers (aluminium, magnésium, titane), les métaux entrant dans l'amélioration des aciers (chrome, cobalt, manganèse, molybdène, nickel, vanadium et tungstène) et ceux nécessaires à la fabrication d'alliages spéciaux (au nombre d'une quinzaine, tels le bismuth, le lithium et le béryllium, par exemple)[4]. Que ce soit à l'état pur ou sous forme d'alliages, la demande en nouveaux matériaux émane des corps d'armée lesquels se tournent vers les fonderies de leurs marchés nationaux respectifs pour se fournir en blindages et autres matériaux stratégiques.

En Suisse, l'essentiel des produits délivrés par les maîtres de forges à cette époque sont des alliages à base de cuivre, zinc, plomb, nickel, aluminium et étain[5] et se présentent sous forme de plaques, barres, bobines et lingots[6]. Ces semi-ouvragés sont avant tout destinés à alimenter l'industrie des machines[7], de l'électromécanique[8], des câbles[9], de même que les secteurs du bâtiment, des communications, des transports ou de l'armement[10]. L'élaboration de ces alliages à grande échelle ne peut se dérouler que dans des unités équipées d'installations

spécialisées telles que laboratoires d'analyse, fours à haute ou très haute température, bassins électrolytiques et presses mécaniques ou hydrauliques[11].

De son côté, l'industrie horlogère se distingue par une situation ambivalente : si le district industriel est doté de plusieurs fonderies alimentant l'établissage en métaux précieux[12] et cuivreux[13], il n'abrite pas de structure de pointe, capable de réaliser des travaux de recherches et développement (R&D) dans le domaine des alliages[14]. Or, l'absence d'une telle infrastructure fragilise le district industriel horloger suisse en le rendant dépendant des nations concurrentes pour la livraison d'un certain type de mélanges spécifiques de très haute qualité. Plus exactement, c'est durant la période charnière comprise entre la fin des années 1890 et le début des années 1930 que l'industrie horlogère suisse sera confrontée à des innovations majeures liées à la maîtrise de la mesure du temps. Par quels canaux ces innovations ont-elles circulé ? comment le district industriel horloger suisse a-t-il encaissé ces chocs technologiques particuliers ? et quelles sont les conséquences à long terme de ces disruptions pour le système productif ? sont quelques-unes des réflexions que nous nous proposons de présenter dans les pages qui suivent.

La métallurgie de précision et les transferts technologiques depuis la France (1896-1931)

La première série d'innovations trouve son origine en France, au siège du Bureau international des poids et mesures à Sèvres, dans le département des Hauts-de-Seine. Rattaché à l'institution depuis 1883, le Neuchâtelois Charles-Édouard Guillaume (1861-1938)[15] y poursuit des recherches sur des alliages capables de servir de base pour la création d'étalons de mesure. Cependant, le Pavillon de Breteuil ne dispose pas des infrastructures nécessaires à l'élaboration des échantillons. Le physicien suisse se tourne alors vers la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, à Imphy, dans le département de la Nièvre[16]. À cette époque, la fonderie est entre les mains d'Henri Fayol (1841-1925), épaulé par un jeune directeur technique, Pierre Chevenard (1888-1960)[17]. Les deux hommes mettent en place un programme de R&D particulier qui va donner naissance à la métallurgie dite « de précision[18] ». Cette dernière se définit notamment par la nécessité de maîtriser une série d'opérations d'une très grande exactitude « en

raison du nombre des conditions à satisfaire et de l'étroitesse du domaine où chacune des propriétés atteint le degré voulu[19]». En pratique, les conditions de production telles que la fusion, la coulée, le forgeage, puis le travail à froid «requièrent des matières premières plus pures, des appareils plus délicats, des techniques plus exactes, une surveillance plus attentive que la fabrication des aciers proprement dits[20]». S'appuyant sur des installations électriques de premier ordre, les aciéries d'Imphy se sont spécialisées dans le traitement du nickel dans les années 1880 déjà[21]. Jusqu'au milieu des années 1930, les alliages fondus dans la Nièvre par Pierre Chevenard sont ainsi analysés par Charles-Édouard Guillaume à Paris[22]. La collaboration qui s'instaure entre le monde scientifique et la sphère industrielle se révèle particulièrement féconde et vaudra au Neuchâtelois l'attribution du prix Nobel de physique en 1920[23].

L'invention mère est un alliage binaire élaboré en 1896[24]. Composé de fer et de nickel et baptisé Invar (troncation du mot «invariable»), il se caractérise par une dilatabilité quasi nulle[25]. La seconde nouveauté, mise au point en 1918, est un mélange de fer, de nickel et de chrome. Il s'agit de l'Élinvar (acronyme pour «élasticité invariable») qui se caractérise par un coefficient d'élasticité stable[26]. Les comportements exceptionnels de ces métaux et les améliorations majeures qu'ils sont susceptibles d'apporter dans la quête de l'exactitude attirent l'attention des horlogers suisses. Ceux-ci vont en effet rapidement entrer en contact avec Charles-Édouard Guillaume afin de tirer profit de ces innovations, que ce soit sur le plan juridique, technologique ou économique.

Sur le plan juridique tout d'abord, l'Invar et l'Élinvar ont des trajectoires diamétralement opposées[27]. Contre toute attente, le premier métal n'est pas enregistré au nom de son inventeur. En Suisse, l'Invar est en effet protégé, entre 1897 et 1898[28], par un «associé» de Charles-Édouard Guillaume, Paul Perret (1855-1904)[29], dont les revendications donnent naissance à plusieurs publications scientifiques financées par l'industrie horlogère suisse[30]. Le deuxième alliage, quant à lui, est inscrit en 1918 au nom de Charles-Édouard Guillaume et de la Société des fabriques de spiraux réunies[31]. Cette asymétrie dans l'enregistrement de la propriété intellectuelle, soit une dimension individuelle pour l'Invar et une appréhension entrepreneuriale pour l'Élinvar[32], va avoir d'importantes répercussions sur la structure du marché du spiral.

En Suisse, depuis le milieu des années 1890, cette branche annexe particulière de l'horlogerie se caractérise par un des premiers exemples

de fusion de sociétés industrielles. En effet, depuis le 23 décembre 1895, les cinq plus grands producteurs historiques se sont associés pour créer la Société des fabriques de spiraux réunies S.A. (F.S.R.) avec des bureaux centraux à La Chaux-de-Fonds. À l'origine, elle est dirigée par Jean Félix Baehni père (1863-1915) de Bienne, Louis Huguenin de La Chaux-de-Fonds et les Genevois Georges Sandoz, Charles Dufaux et Philippe-Auguste Guye[33]. Face à elle se trouve la Société suisse des spiraux S.A. (S.S.S.), entreprise concurrente fondée le 29 juillet 1898. Parmi ses promoteurs, on relève des manufactures de renom, telles: Solvil avec Paul Ditisheim (1868-1945), La Champagne avec Louis Müller (1864-1943), Bourquin et Nuding avec Albert Bourquin-Jaccard (1860-1948) ou encore Girard-Perregaux avec Constant Girard-Gallet (1825-1903)[34]. Les découvertes de Charles-Édouard Guillaume en 1896 engendrent une profonde rivalité entre les fabricants de ressorts.

Au début du XXe siècle, les F.S.R. cherchent à prendre le contrôle des patentes de l'usurpateur en s'attachant les services de l'inventeur. En 1901, une convention est signée entre les deux parties[35]: les contrats stipulent que Charles-Édouard Guillaume concède le droit de vente exclusif et dans le monde entier du balancier compensateur aux F.S.R. via un partenariat avec la fabrique de balanciers Ferrier & Vaucher à Travers[36]. Cette dernière bénéficie des conseils de Charles-Édouard Guillaume pour la production de balanciers Invar jusqu'à concurrence de 10 000 francs par année. Au-delà de ce seuil, les F.S.R. reprennent la fabrication des fournitures, moyennant une répartition des bénéfices avec le physicien neuchâtelois. Parallèlement, la promotion commerciale de l'invention est supportée par les F.S.R. alors que Charles-Édouard Guillaume, désormais collaborateur de ces dernières[37], s'engage à multiplier les publications dans les revues horlogères ou scientifiques. La manœuvre a pour but d'endiguer la commercialisation de l'Invar par Paul Perret. Depuis le 1er août 1901, celui-ci est en effet à la tête d'une petite entreprise chargée de la fabrication et de la vente de spiraux en acier-nickel[38]. Les affaires semblent florissantes, puisque l'unité est transformée en société anonyme le 23 décembre 1902, sous le nom de Société anonyme des spiraux Paul Perret à Fleurier[39]. Après le décès de Paul Perret, le jeune directeur des F.S.R., Paul Baehni (1894-1970)[40], rachète le centre de production des spiraux Perret à Fleurier, puis procède à sa fermeture et à son transfert, pour moitié à Genève et pour moitié à Bienne[41]. L'innovation ayant été intégrée, les F.S.R. peuvent se concentrer sur les questions techniques et commerciales.

Sur le plan technique, les débuts de la collaboration entre Charles-Édouard Guillaume et le trust des spiraux ne se présentent pas sous les meilleurs auspices. Entre 1905 et 1908, les manufactures, clientes des F.S.R., se plaignent de la très mauvaise qualité des spiraux qui leur sont livrés. Les problèmes proviennent des aciéries d'Imphy qui, à cette époque, ne parviennent pas encore à stabiliser les conditions de productions nécessaires à la pratique de la métallurgie de précision. Par exemple, un des administrateurs des F.S.R., Charles-Albert Vuille (1866-1949)[42], écrit à Charles-Édouard Guillaume au début de l'année 1907 pour lui faire part de son mécontentement. Dans sa lettre, il encourage le scientifique à rompre sa collaboration avec les forges d'Imphy pour se tourner vers une entreprise concurrente, Le Ferro-Nickel S.A., active sur le marché des alliages cuivreux depuis 1884[43] : « Étant donné les ennuis que nous avons depuis plusieurs mois avec cette fourniture, je vous demande instamment de bien vouloir traiter au plus vite et en sous-mains, comme vous le proposez vous-même avec Mr. le directeur du Ferro-nickel. Ces Messieurs tiennent d'en sortir et nous ne pouvons pas laisser la clientèle dans cette situation[44] ». Les principales difficultés se concentrent autour de la stabilisation des techniques inhérentes à la métallurgie de précision et plus particulièrement sur la question de l'hétérogénéité des alliages[45]. Dès l'hiver 1908-1909, les améliorations apportées aux procédés autorisent la livraison de lingots homogènes. Dans les années qui suivent, les relations entre Imphy, Sèvres et la Suisse entrent dans une phase de consolidation[46] et la poursuite des travaux de Charles-Édouard Guillaume permet dès 1919 de lancer sur le marché l'Élinvar dont la commercialisation se présente sous la forme de spiraux dotés d'un coefficient thermo-élastique nul à température ambiante. Cette avancée est fondamentale dans l'histoire des techniques horlogères, puisqu'elle permet de résoudre définitivement le problème dit de « l'erreur secondaire » : en unissant un balancier Guillaume à un spiral Élinvar, le Fleurisan apporte une solution structurelle à la mesure du temps, soit l'affranchissement des mouvements aux conditions thermiques[47].

Sur le plan économique enfin, on assiste au renforcement de la position des F.S.R., qui dès 1907, mettent en place un cartel répondant au nom de Consortium des spiraux mous[48]. Quatre ans plus tard, soit en 1911, l'alliance regroupe le trust historique et trois de leurs concurrentes : la Fabrique de spiraux de Fleurier ouverte en 1896[49], la Fabrique nationale de spiraux à La Chaux-de-Fonds fondée en 1905[50] et la Fabrique de spiraux de Saint-Imier enregistrée en 1908[51]. Parallèlement, afin de

commercialiser les fournitures en Invar, les F.S.R. font main basse sur la Fabrique suisse de balanciers S.A. à La Sagne[52], qu'ils spécialisent dans la production du balancier Guillaume dès 1916[53]. À la fin de la Première Guerre mondiale, le degré de concentration s'intensifie. Les F.S.R. absorbent le « Cartel des spiraux mous » au mois de mai 1921. Puis, à la fin de l'année 1929, le dernier dissident principal, la fabrique Stella d'Ernest Dubois (1896-1968) à La Chaux-de-Fonds[54], passe sous la coupe du trust. Dans ce cas toutefois, il faut l'intervention des pouvoirs publics en la personne du secrétaire général du département fédéral de l'Économie publique, Eugène Péquignot (1889-1962), pour voir les discussions aboutir[55]. Après d'intenses négociations, l'irréductible accepte de céder son entreprise en échange d'une place d'administrateur au sein des F.S.R.[56] Les fournisseurs de spiraux intègrent dès lors l'Union des branches annexes de l'horlogerie (UBAH) en 1930[57]. Puis, en octobre 1931, les F.S.R., à l'instar de la S.S.S., sont à leur tour absorbées par la Société générale de l'industrie horlogère suisse S.A. (ASUAG)[58]. À cet instant, ne subsiste qu'un dissident à Saint-Imier, commercialisant, depuis le mois d'août 1929, des spiraux non horlogers[59] sous la raison sociale W. Ruch & Cie[60]. L'histoire aurait pu s'arrêter là, si un nouvel alliage, à base de béryllium cette fois, n'était pas venu redistribuer les cartes.

La métallurgie sous vide et les transferts technologiques depuis l'Allemagne (1931-1951)

Les premières critiques contre les avantages des spiraux Élinvar apparaissent durant la seconde moitié des années 1920. Elles émanent d'un jeune ingénieur, Reinhard Straumann (1892-1967), alors recruté comme directeur technique de la manufacture Thommen à Waldenburg, dans le canton de Bâle-Campagne[61]. Celui-ci constate que les alliages développés précédemment présentent trois grandes faiblesses : ils sont magnétiques, déformables et oxydables[62]. La question du magnétisme devient, durant le premier tiers du XXe siècle, un problème récurrent dans la mesure où on assiste à la multiplication, dans la société civile et militaire, de compteurs et autres appareils électriques[63]. Or, l'utilisation de ces instruments génère des champs magnétiques contribuant à créer un environnement domestique et professionnel de plus en plus hostile à la bonne marche des mouvements. De plus, la question de la dilatation

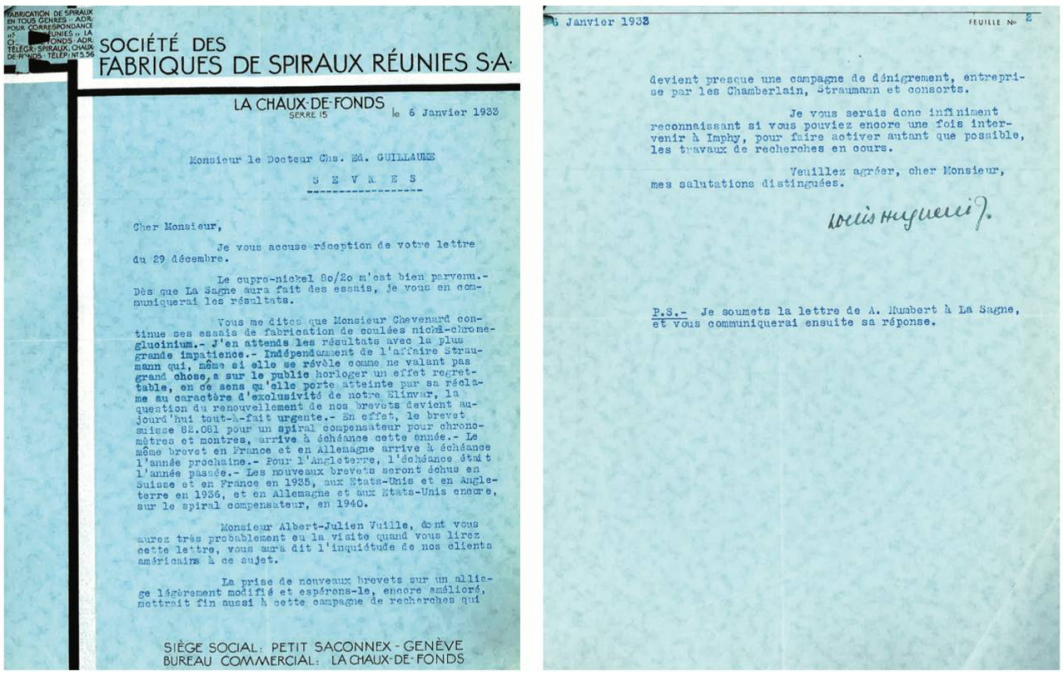
des pièces, bien que réduite, n'en est pas totalement éliminée pour autant. Dans cette perspective, le recours à des matières supportant des variations de températures plus importantes devient une nécessité, notamment avec l'accélération générale des moyens de transports durant l'entre-deux-guerres. Enfin, la réaction des alliages à l'humidité reste problématique. Ce dernier point semble avoir été particulièrement sensible. Ainsi, comme l'évoque un fabricant suisse dans ses souvenirs, « le fléau numéro 1, [c'est] la rouille. Dans les périodes de brouillard, le 70 % à 80 % des spiraux étaient rouillés et inutilisables[64] ».

Ces inconvénients vont être surmontés grâce aux retombées des recherches portant sur le béryllium, entamées de manière quasi simultanée en Allemagne et aux États-Unis dès 1919[65]. La naissance de l'industrie du béryllium trouve son origine dans le district industriel de Cleveland, Ohio[66]. Il implique la famille Brush, Charles Francis sénior (1849-1929) et Charles Francis junior (1893-1927), liée à la multinationale Union Carbide and Carbon Corporation (U.C.C.C.)[67]. En 1919, le conglomérat Siemens & Halske (S&H) à Berlin rachète la patente originelle à un laboratoire contrôlé par U.C.C.C. Il transfert la licence en Europe et lance un vaste programme de R&D en électrochimie, articulé autour de la maîtrise de la métallurgie sous vide par le procédé dit « Stock et Goldschmidt[68] ». Après 9 ans de labeur, les laboratoires de S&H publient leurs résultats[69].

Deuxième métal le plus léger, le béryllium a des propriétés physiques et chimiques très particulières[70]. À l'état pur par exemple, il constitue un élément clé dans la domestication de l'énergie atomique, alors qu'à l'état composé, il passe pour rendre les alliages plus résistants à la corrosion et à la fatigue. De plus, selon les proportions, il engendre la création de matériaux extraordinairement durs, amagnétiques et dotés d'une conductivité électrique quasi nulle. Dans le contexte des années 1920 et 1930, le développement de l'industrie du béryllium laisse donc entrevoir des applications stratégiques, que ce soit dans le domaine militaire ou dans des secteurs aussi importants que ceux des instruments chirurgicaux et des appareils de mesure[71]. Les propriétés hors normes des alliages au béryllium amènent un des scientifiques engagés par S&H, Alfred Stock (1876-1946)[72], directeur retraité du prestigieux *Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie*, à prophétiser sur leurs applications notamment dans le domaine des instruments de mesure : « On peut leur prédire un avenir technique important. Aujourd'hui déjà [1929], ils produisent des ressorts particulièrement résistants[73]. »

De son côté, l'ingénieur bâlois, pressentant le potentiel de ce « nouveau matériau[74] », s'exile en Allemagne[75]. Il entre alors en contact avec l'entreprise Heraeus-Vacuumschmelze à Hanau am Main, une des seules fonderies d'Europe qui, à cette époque, s'est spécialisée dans la coulée sous vide, technologie nécessaire à la fabrication du béryllium[76]. Les essais sont concluants et débouchent sur un dépôt de brevet pour un nouveau type de ressort de montre : le Nivarox, acronyme de *nicht variabel und oxydfest*[77]. Par la suite, Reinhard Straumann multiplie, lui aussi, les publications dans les périodiques horlogers pour faire part de sa découverte. Toutefois, le transfert technologique vers la Suisse n'est pas immédiat, la faute au verrouillage du marché suisse par le cartel horloger[78].

Il faut en effet souligner que les fabricants helvétiques voient d'un très mauvais œil l'irruption de cette nouvelle matière dans le paysage horloger. Certains en appellent à l'expertise de Charles-Édouard Guillaume[79]. D'autres, face à une menace difficilement identifiée, crient au complot. Tel est le cas de Louis Huguenin, administrateur des F.S.R., dont le réflexe consiste à déconsidérer le nouvel alliage et son inventeur, tout en procédant parallèlement au renouvellement des licences antérieures (fig. 1)[80].



SOCIÉTÉ DES
FABRIQUES DE SPIRAUX RÉUNIES S.A.

LA CHAUX-DE-FONDS
SERRE 15 le 6 Janvier 1933

Monsieur le Docteur Chs. Ed. GUILLAUME

S E V R E S

Cher Monsieur,

Je vous accuse réception de votre lettre du 29 décembre.

Le cupro-nickel 80/20 m'est bien parvenu.- Dès que La Sagne aura fait des essais, je vous en communiquerai les résultats.

Vous me dites que Monsieur Chevenard continue ses essais de fabrication de coulées nickel-chrome-glucinium.- J'en attends les résultats avec la plus grande impatience.- Indépendamment de l'affaire Straumann qui, même si elle se révèle comme ne valant pas grand chose, a sur le public horloger un effet regrettable, en ce sens qu'elle porte atteinte par sa réclame au caractère d'exclusivité de notre Elinvar, la question du renouvellement de nos brevets devient aujourd'hui tout-à-fait urgente.- En effet, le brevet suisse 82.061 pour un spiral compensateur pour chronomètres et montres, arrive à échéance cette année.- Le même brevet en France et en Allemagne arrive à échéance l'année prochaine.- Pour l'Angleterre, l'échéance était l'année passée.- Les nouveaux brevets seront échus en Suisse et en France en 1935, aux Etats-Unis et en Angleterre en 1936, et en Allemagne et aux Etats-Unis encore, sur le spiral compensateur, en 1940.

Monsieur Albert-Julien Vuille, dont vous aurez très probablement eu la visite quand vous lirez cette lettre, vous aura dit l'inquiétude de nos clients américains à ce sujet.

La prise de nouveaux brevets sur un alliage légèrement modifié et espérons-le, encore amélioré, mettrait fin aussi à cette campagne de recherches qui

SIÈGE SOCIAL: PETIT SACONNEX - GENÈVE
BUREAU COMMERCIAL: LA CHAUX-DE-FONDS

6 Janvier 1933 FEUILLE N° 2

devient presque une campagne de dénigrement, entreprise par les Chamberlain, Straumann et consorts.

Je vous serais donc infiniment reconnaissant si vous pouviez encore une fois intervenir à Imphy, pour faire activer autant que possible, les travaux de recherches en cours.

Veuillez agréer, cher Monsieur, mes salutations distinguées.

Louis Huguenin

P.S.- Je soumets la lettre de A. Humbert à La Sagne, et vous communiquerai ensuite sa réponse.

Figure 1 : Lettre des F.S.R. à Charles-Édouard Guillaume (6 janvier 1933)[81].

Or, l'innovation fait son chemin et provoque la réaction des représentants de la Société générale de l'industrie horlogère suisse S.A. (ASUAG). À leurs yeux, le cartel, qui vient de procéder au rachat des fabriques de spiraux, doit absorber l'innovation au risque de se retrouver distancé par la concurrence étrangère[82]. La réponse des organisations patronales horlogères se déploie dans deux directions complémentaires au niveau de la propriété intellectuelle et au niveau de la prise de participations.

Sur le plan des brevets tout d'abord, les dirigeants de l'ASUAG parviennent à s'entendre avec Reinhard Straumann selon une convention aux termes de laquelle l'ingénieur s'engage à faire profiter la Suisse des améliorations technologiques de son spiral au béryllium en échange de « royautés » (sic) sur la fabrication de spiraux ni variables ni oxydables pour le marché national[83]. Par ailleurs, sur le plan de l'approvisionnement en matière première, l'ASUAG doit s'assurer de livraisons d'alliages au béryllium en quantité suffisante. Or, en 1933, le précieux métal « n'est fabriqué que par la maison allemande Siemens & Halske, qui a posé comme condition pour la vente de cette matière qu'une fabrique allemande soit autorisée également à fabriquer le nouveau spiral. C'est la raison pour laquelle une convention a été établie avec la maison Haas, fabrique de spiraux à Schramberg[84] ». La perte d'un tel atout technologique ne pouvant être envisagée, les organisations patronales interviennent. Elles parviennent à conclure une entente entre S&H (détentrice des brevets initiaux)[85] et Heraeus-Vacuumschmelze (maîtresse de la coulée sous vide)[86], par laquelle la production de l'alliage mère est fixée à hauteur de 33 % pour l'Allemagne (avec un droit d'exclusivité attribué à la fabrique Karl Haas A.G. à Schramberg) et 67 % pour la Suisse (avec un droit d'exclusivité attribué à la fabrique W. Ruch et Cie à Saint-Imier)[87]. Grâce à cette solution, les dirigeants de l'ASUAG espèrent « que la maison Haas ne livre plus à la dissidence et [que], de cette manière, elle sera privée des sources de spiraux de qualité[88] ». Toutefois, cet accord ne constitue pas une assurance tous risques. Aux dispositions contractuelles évoquées ci-dessus, s'ajoute la prise de contrôle de sociétés tierces.

Enfin, pour ce qui concerne la politique d'investissement, on peut relever deux événements. Le premier se déroule à la fin de l'année 1933, soit quelques semaines après la signature de l'accord germano-suisse évoqué ci-dessus. Afin d'avoir un pied dans la fabrication du spiral Nivarox en France, l'ASUAG fait main basse sur la Société française pour l'horlogerie S.A. (Sofranhor S.A.) implantée à Cluses, petite cité

LA MONTRE NON MAGNÉTIQUE

réalisée par les Alliages au Béryllium

Les matières premières grâce auxquelles on réalise aujourd'hui des coussinets très résistants aux chocs et à l'usure, des ressorts inrouillables non magnétiques et fatiguant peu, des spiraux compensateurs, non magnétiques et superélastiques, et les balanciers et assortiments non magnétiques, sont des alliages avec le Béryllium, nommé en France Glucinium. Des additions minimes de Glucinium suffisent pour réaliser les nouveaux alliages si importants pour la technique horlogère. Les propriétés avantageuses de ces alliages au Glucinium (Beryllium) sont obtenues par un traitement thermique qui durcit ces alliages. De vastes travaux s'étendant sur plusieurs années de recherches et exécutés par Siemens & Halske A. G., Heraeus Vacuumschmelze A. G. et Ing. Straumann ont surmonté les difficultés se présentant à la réalisation de ces alliages. Une série de brevets protège notamment en Suisse et dans les pays industriels l'application de ces résultats de recherches.

La fabrication et le durcissement par traitement thermique des alliages au Glucinium sont protégés en Suisse par des brevets dont l'exploitation est exclusivement réservée à la Heraeus Vacuumschmelze A. G., à Hanau a. M. La fabrication et l'emploi de fournitures d'horlogerie en alliages de Glucinium durcis par traitement thermique provenant d'un autre fournisseur que Heraeus Vacuumschmelze constitue une lésion des brevets qui entraîne une poursuite juridique. Les alliages au Glucinium se trouvant sur le marché sont protégés par la marque BERYDUR.

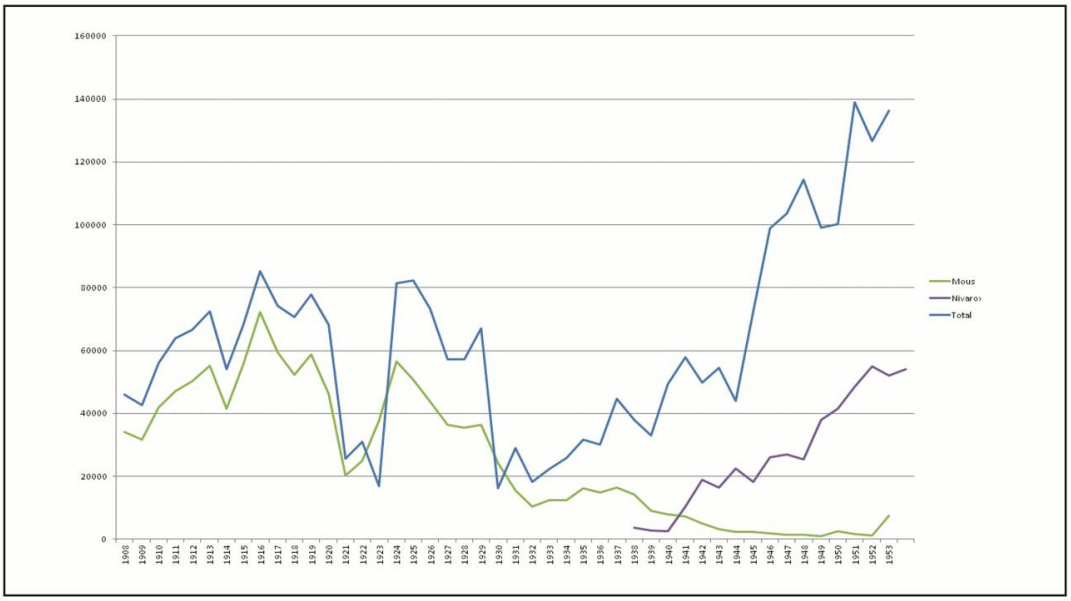
HERAEUS VACUUMSCHMELZE A. G.
HANAU AM MAIN

Figure 2 : Publicité des établissements Heraeus Vacuumschmelze A.G. (1935)[89]

de 2 500 habitants localisée en Haute-Savoie[90]. Ce centre de production est dans le collimateur des administrateurs de la société faîtière depuis plusieurs années. Selon les rapports techniques, « la chose en vaut la peine [...], les installations sont neuves et peuvent produire une bonne qualité dans le spiral[91] ». La vente est réalisée en novembre 1933. Selon Hermann Obrecht (1882-1940), président de l'ASUAG, le rachat de Sofranhor permet aux fabricants suisses de contrecarrer les velléités commerciales de la maison Haas, susceptible de fournir à la France du Nivarox allemand[92]. De plus, la prise de participation de l'automne 1933 les autorise à se prémunir contre le développement d'une production française indigène de Nivarox. En effet, depuis 1931, l'Hexagone cherche, sur fond de protectionnisme[93], à développer sa propre fabrication de béryllium. Robert Godeau[94], ingénieur métallurgiste à la Compagnie des Produits Chimiques et Electrométallurgiques Alais, Froges et Camargue (futur Péchiney) parvient à transférer de manière douteuse la technologie mise au point par S&H[95]. Cet événement, faisant de Péchiney un des nouveaux acteurs européens du béryllium dès le milieu des années 1930[96], constitue sans doute un élément explicatif de plus dans la politique d'investissement de l'ASUAG à l'étranger.

La deuxième prise de participation se déroule en Suisse en 1937. Face au développement très rapide du marché du nouvel alliage, les F.S.R. en viennent à prendre le contrôle de la majorité du capital-actions de l'usine W. Ruch & Cie à Saint-Imier. La transaction, d'un montant de 384 179 francs, est importante pour une unité de cette taille. Elle témoigne néanmoins de la volonté du trust des spiraux de s'assurer la maîtrise intégrale du processus. La nouvelle société est rebaptisée au nom de Nivarox S.A.[97] et a pour administrateur et conseiller scientifique Reinhard Straumann[98]. En d'autres termes, c'est grâce au rachat de 1937 que l'entreprise Nivarox S.A. est devenue un des leaders mondiaux dans son domaine[99].

L'ensemble de mesures évoquées peut paraître disproportionné. Cependant, le béryllium des horlogers modifie en profondeur les pratiques commerciales de l'établissage. Exprimée en grosses, soit en livraisons par lots de 144 pièces[100], l'évolution du marché des spiraux suisses, entre 1908 et 1953, témoigne des bouleversements qui traversent la branche, principalement à partir de la seconde moitié des années 1930. Si on peut logiquement remarquer les effets des crises sur les ventes générales, on constate aussi que le secteur écoule de moins en moins de spiraux « mous » à mesure que se développent les alliages au nickel et au béryllium. Cette constatation est particulièrement lisible pour le cas de l'alliage Straumann, qui dès 1938, devient un des genres de spiraux les plus demandés à l'industrie horlogère suisse (graphique 1).



Graphique 1 : Livraisons annuelles de spiraux suisses entre 1908 et 1953 (par grosse)[101].

Dans cette perspective, on comprend mieux, dès lors, le désir de Reinhard Straumann de se protéger contre le tarissement des filières d'approvisionnement (tabl. 1). L'analyse des archives indique que l'inventeur passe commande à l'entreprise Heraeus-Vacuumschmelze de quantités très importantes d'alliage mère durant la Seconde Guerre mondiale. Ainsi, jusqu'en 1944, soit quelques mois avant que le complexe militaro-industriel de Hanau ne soit anéanti par les bombardements alliés[102], plusieurs centaines de kilos de matières premières sont acheminées en Suisse. Cependant, les lingots de Nivarox ne sont pas entreposés à Saint-Imier, mais à Waldenburg dans le Jura bâlois[103]. Ce dernier élément est extrêmement révélateur de l'importance stratégique de cet alliage si particulier à l'origine de tant de découvertes, que ce soit dans le domaine de la dentisterie, de la chirurgie, de l'orthopédie ou de l'aéronautique par exemple. En d'autres termes, Reinhard Straumann préfère sécuriser lui-même les stocks dans son village, là où il reste maître de ses essais en laboratoire, plutôt que de voir ceux-ci être mis sous la surveillance de l'ASUAG et des F.S.R. dans le Jura bernois [104].

Année	Kilogrammes
1939	726
1940	536
1941	746
1942	528
1943	636
1944	945

Tableau 1: Production d'alliage Nivarox par Heraeus-Vacuumschmelze A.G., Hanau am Main (1939-1945)[105].

Après la guerre, l'industrie suisse du spiral sera confrontée à trois éléments perturbateurs, marquant la fin d'une période faste.

Le premier trouve son origine dans un programme de R&D mené discrètement par Ernest Dubois, l'administrateur récalcitrant des F.S.R. en 1929. Reprenant les travaux de l'Élinvar, le métallurgiste de La Chaux-de-Fonds parvient à élaborer, en collaboration avec l'usine de dégrossissage d'or à Genève[106], un ressort d'une nouvelle génération[107]. La demande d'enregistrement de cette fourniture est effectuée le 18 juillet 1947[108]. Sans pour autant remettre en cause l'hégémonie du Nivarox,

le nouvel alliage aura des répercussions sensibles sur le marché suisse des spiraux dans le sens où il participe, pour un temps, au renforcement de la fabrication genevoise au détriment du bassin « historique » du Jura bernois (fig. 3).

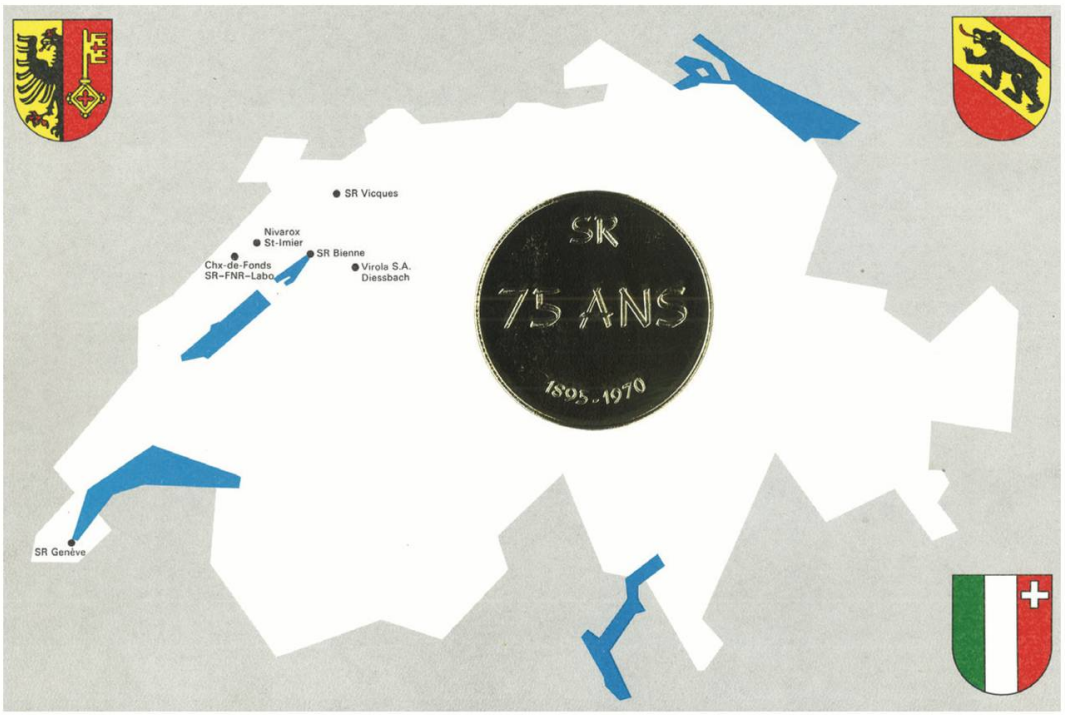


Figure 3 : Localisation des unités des F.S.R. le long de l'Arc jurassien (années 1970)[109].

Deuxièmement, l'élargissement de la palette des F.S.R. constitue, d'une certaine manière, le coup de grâce pour la S.S.S. Cette dernière, toujours soutenue à bout de bras par quelques manufactures, ne parvient plus véritablement à livrer autre chose que des spiraux de second rang, incompatibles avec les exigences de la clientèle d'après-guerre[110]. Dans ce sens, la fermeture des S.S.S. en 1955[111] préfigure les mutations structurelles de l'industrie horlogère[112]. Ainsi, l'ASUAG, propriétaire des trusts des fournitures, entame un long et douloureux processus de rationalisation et de diversification[113]. Parmi les événements principaux qui marquent ces années de décartellisation, on peut citer la création de Pierres-Holding S.A. (1968)[114] — société destinée à la fabrication de gemmes de synthèse —, la fondation de General Watch Co., Ltd (1971)[115], puis au plus fort de la crise du quartz (1977), le changement de raison sociale des F.S.R. en Nivarox S.A.[116] (fig. 4) ainsi que, en 1984, le rassemblement au cœur du district industriel[117] de l'ensemble des fabriques de spiraux, d'assortiments et de balanciers au sein d'une nouvelle société baptisée Nivarox-FAR[118].

SOCIETE DES FABRIQUES DE SPIRAUX REUNIES
GENEVE

ACTION NOMINATIVE
No 03011
de
FR. 250.–
(DEUX CENT CINQUANTE FRANCS)
ENTIEREMENT LIBEREE

Baehni & Co SA
est inscrit(e) au registre des actions de la société en qualité de propriétaire de cette action.

Genève, le 4 décembre 1975

SOCIETE DES FABRIQUES DE SPIRAUX REUNIES
Au nom du Conseil d'administration:
Le Président: Le Vice-président:

Article 6 des statuts de la Société: Le transfert d'actions doit être annoncé à la Société avec la production du titre pour être inscrit au registre des actions. Le transfert d'actions est subordonné à l'approbation du Conseil d'administration, qui peut le refuser définitivement sans indiquer de motif. L'art. 686, al. 4 CO, reste toutefois réservé. Seules les personnes inscrites au registre des actions sont reconnues comme actionnaires par la Société.

EN VERTU DE LA DECISION PRISE LORS DE L'ASSEMBLEE GENERALE EXTRA-ORDINAIRE DU 4.12.1976, LA RAISON SOCIALE EST MODIFIEE EN
NIVAROX SA
LA CHAUX-DE-FONDS

EN VERTU DE LA DECISION PRISE LORS DE L'ASSEMBLEE GENERALE EXTRA-ORDINAIRE DU 4.12.1976, LA RAISON SOCIALE EST MODIFIEE EN
NIVAROX SA
LA CHAUX-DE-FONDS

Figure 4 : Nouvelle action Nivarox S.A. (1976)[119].

Troisièmement, les « seigneurs des spiraux » assistent, impuissants, à l'arrivée dans le domaine public des brevets qui ont fait leur richesse et leur renommée[120]. Désormais, la production du béryllium des horlogers est l'œuvre de fournisseurs de nationalités différentes. Carl Haas en Allemagne, Spiraux français dans l'Hexagone, Citizen et Hattori pour le Japon, Timex, Bulova et Hamilton aux États-Unis ou encore British Springs en Grande-Bretagne sont, dès les années 1960, les nouveaux acteurs sur le marché international du Nivarox, faisant perdre à l'horlogerie helvétique un de ses principaux avantages concurrentiels[121].

De l'armement au médical, en passant par l'horlogerie

Analyser le développement du district industriel horloger sous l'angle de l'histoire des techniques permet de remonter aux origines du processus de diversification des activités économiques tout en mettant en exergue les outils mobilisés par les acteurs pour se rendre maîtres de la circulation de l'innovation.

Pour comprendre l'origine de l'implantation d'un tissu médical dans le district horloger suisse, il faut remonter à l'Allemagne des années 1920,

où les comportements hors-norme du béryllium, pur ou sous forme d'alliage, laissent entrevoir des applications nouvelles, avant tout militaires, dans un contexte marqué par la course au réarmement et le développement de l'aéronautique. C'est toutefois le volet civil de l'innovation qui attire la curiosité de Reinhard Straumann, alors directeur technique de la manufacture d'horlogerie Thommen à Waldenburg. Celui-ci importe la matière au tout début des années 1930. Malgré l'opposition initiale du cartel, l'intervention de la Confédération, par l'entremise de l'ASUAG, permet de greffer cette nouvelle technologique au cœur du district industriel horloger dès 1937. Cette transplantation engendre une fertilisation croisée des connaissances, à l'origine de la création d'entreprises actives dans le domaine médical. Tel est, par exemple, le cas de la société Nivaflex S.A. dans le vallon de Saint-Imier, créée en 1951 par Reinhard Straumann et qui avait pour but premier la fabrication de fournitures pour des appareils de mesures et autres instruments de précision. Or, la poursuite des recherches en métallurgie par le père du Nivarox le conduit paradoxalement à délaisser l'industrie mécanique pour se concentrer pleinement sur les applications médicales des alliages au béryllium. Ce changement de cap provoque la diversification du tissu économique régional, garantissant *de facto*, la pérennité des activités du district industriel horloger par le développement d'activités de R&D hétérogènes en interconnexion avec les milieux universitaires et les hautes écoles.

Cette étude de cas met aussi en évidence le fait que la Suisse est dépendante des nations étrangères en matière d'innovation horlogère durant la première moitié du XXe siècle : la France, pour ce qui touche à la métallurgie de précision et l'Allemagne, pour ce qui concerne la métallurgie sous vide. Que ce soit pour les alliages en provenance d'Imphy (Invar et Élinvar) ou pour ceux coulés dans les fours de Hanau am Main (Nivarox), la Suisse parvient à intégrer la technologie grâce à la puissance économique et au degré d'organisation du patronat : rachat des patentes et signature de contrats d'exclusivité dans le cas de Charles-Édouard Guillaume ; création d'une succursale spécialisée et établissement de conventions dans le cas de Reinhard Straumann. Cette spécificité horlogère mériterait d'être comparée aux autres périodes de bouleversements technologiques du secteur ainsi qu'à d'autres branches emblématiques de l'économie helvétique.

Johann Boillat est docteur en sciences humaines et sociales de l'université de Neuchâtel (2012). Chercheur postdoctoral invité à l'Institut de recherche en histoire des sciences et des techniques au Deutsches Museum de Munich (2015-2017), il est actuellement chargé de cours à la Haute École Arc. Lauréat du Prix d'encouragement à la recherche historique des C.F.F. (2011).

Annexe I : Aux sources du groupe Straumann (1892-1951)

Reinhard Straumann est né à Bennwil en 1892 et s'éteint à Waldenburg en 1967. Il est le fils de Reinhard sénior, instituteur, et d'Anna Heinimann. Il épouse en 1919 Fanny Heid[122]. Ils ont un fils, Fritz (1921-1988). Reinhard junior suit une double formation : technique tout d'abord (école d'horlogerie du Locle), scientifique ensuite (école supérieure d'aéronautique de Lausanne entre 1914 et 1916). Ce solide bagage lui ouvre les portes de l'industrie. À son retour dans le Jura bâlois, à la fin de l'année 1916, il est engagé comme directeur technique de la manufacture Fabriques d'horlogerie Thommen S.A. Waldenburg. À cette époque, l'entreprise est détenue par Emanuel Jenny, Alphonse Thommen (1864-1944) et Hermann Straumann (1862-1948)[123]. Il gravit rapidement les échelons : membre du comité de direction (1921), procuré (1922), vice-directeur (1925) et directeur (1927)[124].

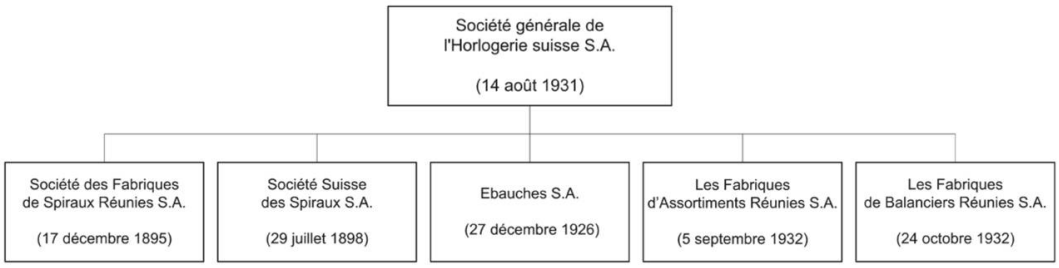
Cette trajectoire prend une orientation déterminante durant l'hiver 1925-1926 au cours duquel il est grièvement blessé à la jambe en pratiquant sa première passion : le saut à ski. Alité durant de longs mois, il s'adonne à sa seconde passion : la métallurgie. En convalescence forcée, il se documente sur les applications des matériaux dans le domaine aéronautique et dans celui de la médecine[125]. À son retour aux affaires, il entreprend plusieurs séjours chez Heraeus-Vacuumschmelze à Hanau am Main pour réaliser des expériences sur le comportement des alliages au béryllium[126]. Ses expérimentations le conduisent à prendre le premier brevet mondial sur l'alliage Nivarox (1930). Fort de son innovation, il revient à Waldenburg et investit dans l'industrie de son village : rachat de la fabrique de fournitures horlogères Tschudin & Heid qu'il transforme et spécialise dans la production de pièces détachées horlogères et autres fournitures pour appareils de mesures. En 1935, il en devient président. Une année plus tard, il vend ses conseils d'ingénieur métallurgiste à

la société W. Ruch à Saint-Imier, dont il est membre du conseil d'administration. Quelque temps plus tard, avec la fondation de Nivarox S.A., sa carrière prend une autre direction : il délaisse son poste de directeur de la manufacture Thommen en 1939 et, jusqu'à la fin des années 1940, revient à la tête du département interne de R&D[127].

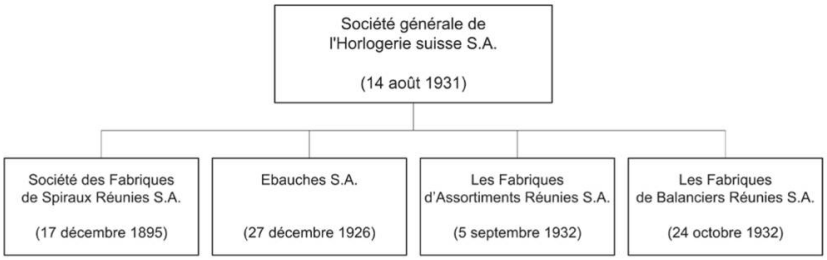
C'est durant cette période charnière qu'il entrevoit de nouvelles applications, notamment en usant de béryllium pour la conception de céramiques des prothèses dentaires ou orthopédiques[128]. Sur le plan commercial cependant, ses nouvelles activités se manifestent moins dans le domaine chirurgical que dans celui de la fourniture de précision[129] : Reinhard Straumann fonde le 30 novembre 1951 à Saint-Imier Nivaflex S.A., une nouvelle fabrique de ressorts ultras résistants[130]. Il y fait entrer son fils qui, tout comme lui, a suivi une formation horlogère et scientifique[131]. Face au développement du marché des implants médicaux à partir du milieu des années 1950, Straumann père quitte définitivement le monde de l'horlogerie. Épaulé désormais par Fritz, il crée le 6 avril 1954 à Waldenburg son propre laboratoire d'analyse en science des matériaux, l'Institut Dr. ing. Reinhard Straumann A.G.[132]. Au début des années 1960, Fritz Straumann se rapproche de représentants de la faculté de médecine de l'université de Bâle et de l'Association suisse pour l'étude de l'ostéosynthèse (A.O.) fondée en 1958. Sous sa houlette, Nivaflex S.A. délaisse la fabrication des fournitures d'horlogerie pour se spécialiser dans celle des implants. À la fin du XXe siècle, Nivaflex S.A. est rebaptisée Straumann Saint-Imier S.A. Cette dernière entité renforce ses activités à Villeret, alors que, de son côté, le siège de l'Institut Straumann est transféré de Waldenburg à Bâle pour devenir Straumann Group, société mère de la filiale du Jura bernois[133].

Annexe II : Évolution structurelle de l'ASUAG (1933-1977)[134]

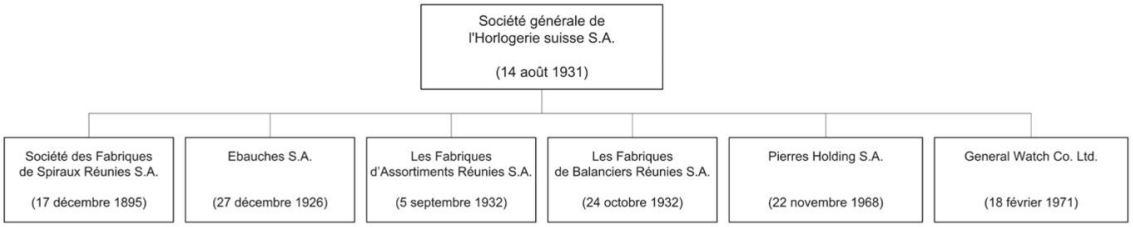
Structure de l'ASUAG (1er janvier 1933)



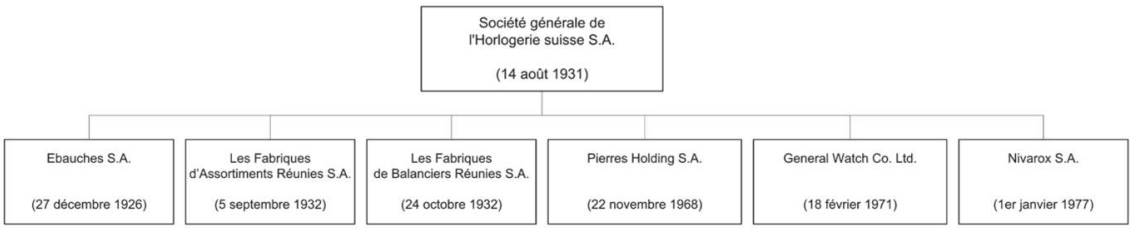
Structure de l'ASUAG (1er janvier 1956)



Structure de l'ASUAG (1er janvier 1972)



Structure de l'ASUAG (1er janvier 1977)



NOTES

[1] Cet article s'inscrit dans le cadre d'un projet du Fonds national suisse de la recherche scientifique (F.N.S.), subside n° P2NEP1_159008. L'auteur tient à remercier les personnes et institutions suivantes pour la mise à disposition des ressources. Aux États-Unis : Case Western Reserve University, Kelvin Smith Library, Special Collections [désormais US-KSL], Cleveland ; OH (Eleanor Blackman) et National Archives and Records Administration [désormais US-NARA], Washington D.C. En Allemagne : Bayerische Staatsbibliothek Muenchen ; Deutsches Patent- und Markenamt Muenchen [désormais DE-DPMA] ; Evonik Industries A.G., Hanau am Main (Dr Frank Becker) ; Deutsches Museum Muenchen — Forschungsinstitut für Wissenschafts- und Technikgeschichte (Dr Alexander Gall) ; Universitätsbibliothek Technischen Universität Muenchen. En France : Amis du Vieux Guérigny — le musée Forges et Marines, Guérigny (Alain Bussière et François Duffaut) et Société des ingénieurs et scientifiques de France, Paris (Alexandra Pujol et Nicolas Pongy). En Suisse : Archives cantonales du Jura [désormais CH-ArCJ], Porrentruy ; Archives fédérales suisses [désormais CH-AFS], Berne ; Archives de la municipalité de Bienne [désormais CH-AMB] ; bibliothèque de la Haute École Arc ; Conservation-restauration à Neuchâtel (Anne Cuenat) ; bibliothèque de la ville du Locle (Fabio Bestazzoni) ; Haute École spécialisée bernoise, Bienne (Kathrine Winkler) ; Materialarchiv [désormais CH-MAT], Zurich (Georges Wyss) ; musée international d'Horlogerie [désormais CH-MIH], La Chaux-de-Fonds (Dr Régis Huguenin-Dumittan, Françoise Beltrami et Isis Joliat) et Straumann Group [désormais CH-STG], Villeret (Virginie Gagnebin). Un remerciement tout particulier à François Goetz, professeur à la Haute École Arc de Neuchâtel, pour ses précieux commentaires.

[2] Chezeau Nicole, *De la forge au laboratoire. Naissance de la métallurgie physique (1860-1914)*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2004, 237 p.

[3] Daumas Maurice (dir.), *Histoire générale des techniques. 5 Les Techniques de la civilisation industrielle : transformation, communication, facteur humain*, Paris : PUF, 1996, p. 48-71.

[4] Müller-Ohlsen Lotte, *Non-Ferrous Metals. Their Role in Industrial Development*, Cambridge : Woodhead-Faulkner Ltd, 1981, 297 p. Ici, p. 8-9.

[5] CH-MAT/Metallverband AG (éd.), *Kupfer und Kupferlegierungen. Zusammensetzung und Eigenschaften*, Bern, 1968, p. 7-8.

[6] CH-MAT/Metallverband AG (éd.), *Eigenschaften der Halbfabrikate*, Bern, 1970, 4 p.

[7] Ginalski Stéphanie, *Du capitalisme familial au capitalisme financier ? Le Cas de l'industrie suisse des machines, de l'électrotechnique et de la métallurgie au XXe siècle*, Neuchâtel : Alphil, 2015, 392 p.

[8] Paquier Serge, *Histoire de l'électricité en Suisse. La Dynamique d'un petit pays européen, 1875-1939*, Genève : Éditions Passé-Présent, 1998, 1214 p.

[9] Cortat Alain, *Un cartel parfait. Réseaux, R&D et profits dans l'industrie suisse des câbles*, Alphil : Neuchâtel, 2009, 623 p.

[10] CH-MAT/Metallverband AG (éd.), *Verwendung des Kupfers und seiner Legierungen*, Bern, 1970, 4 p.

[11] CH-MAT/Metallverband AG (éd.), *Weiterverarbeitung des NE-Metall-Halbzeuges*, Bern, 1970, 4 p. et CH-MAT/Metallverband AG (éd.), *Die Herstellung von Halbfabrikaten aus Nichteinsenmetallen*, Bern, 1970, 4 p. Voir aussi : Verband schweizerischer Eisengiessereien, Verband schweizerischer Metallgiessereien (éd.), *Die schweizerische Giesserei-Industrie*, Zürich, 1966, 58 p.

[12] Boillat Johann, « L'Or des horlogers. L'Industrie neuchâteloise des métaux précieux (1846-1998) : acteurs et réseaux », in : *Revue historique neuchâteloise* 153 (2016), p. 23-45.

[13] Boillat Johann, « Le Cuivre des horlogers. L'Industrie suisse des métaux non-ferreux (1855-1992) : acteurs et marchés », in : *Revue historique neuchâteloise* 155 (2018), p. 71-95.

[14] Boillat Johann, « Des banquiers des horlogers aux horlogers des banquiers. Une analyse quantitative du patronat des cantons de Berne, Neuchâtel et Soleure (1900-1950) », in : Flores Zendejas Juan, Hürlimann Gisela, Lorenzetti Luigi et Schiedt Hans-Ueli (éd.), *Des textes et des chiffres. La place des approches quantitatives dans l'histoire économique et sociale*, Zurich : Chronos, 2019, p. 177-199.

[15] Les notices nécrologiques sont nombreuses. Pour un premier survol, on se tournera avantageusement vers : Goetz François, « Charles-Édouard Guillaume, physicien (1861-1938), prix Nobel », in Schlup Michel (dir.), *Biographies neuchâteloises. De la Révolution au cap du XXe siècle*, vol. 3, Hauterive : G. Attinger, 2001, p. 167-174.

[16] Chevenard Pierre, « Apports scientifiques de la société Imphy. Sa contribution aux progrès de la métallographie et à l'imprégnation scientifique de l'industrie métallurgique », in : Société métallurgique d'Imphy (éd.), *la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville (1854-1954)*, Paris : Office de propagande générale, 1954, p. 219-263. Voir plus précisément la section II : « Collaboration avec le Bureau international des poids et mesures 1895-1937. L'œuvre de Charles-Édouard Guillaume et ses conséquences immédiates et lointaines », p. 225-230. ; Thuillier Guy, « Charles-Édouard Guillaume et Imphy », in : Amis du Vieux Guérigny (éd.), *Marteau Pilon*, vol. 4, Guérigny, juillet 1992, p. 135-141 ; Lambret Éric, « L'œuvre métallurgique de Charles-Édouard Guillaume, prix Nobel 1920 et sa collaboration avec les Aciéries d'Imphy », in : Amis du Vieux Guérigny (éd.), *Actes du colloque. Innovations métallurgiques en Nivernais*, Guérigny, septembre 1996, p. 9-20.

[17] Duffaut François, « Pierre Chevenard (1888-1960) », in : Amis du Vieux Guérigny (éd.), *Marteau Pilon*, vol. 22, Guérigny, octobre 2010, p. 65-87 ; Le Masson Pascal, Weil Benoît, « Fayol, Guillaume, Chevenard — la Science, l'Industrie et l'exploration de l'inconnu : logique et gouvernance d'une recherche conceptive », in : *Entreprises et Histoire* 83, 2016, p. 79-107. Ici, p. 88-89 ; Duffaut François, « Pierre Chevenard ou la Recherche au cœur de l'entreprise moderne », in : *Entreprises et Histoire* 83, 2016, p. 64-78 et Bertilorenzi Marco, Dubruc Nadine et Passaqui Jean-Pilippe (éd.), *Henri Fayol. Les Multiples Facettes d'un manager*, Paris : presse des Mines, 2019, 342 p.

[18] Chevenard Pierre, *Méthodes de recherche et de contrôle dans la métallurgie de précision*, Paris : Imprimerie Chaix, 1923, 43 p. ; Chevenard Pierre, « La métallurgie de précision », in : *La Technique moderne*, 30, (1er avril 1938), n° 7, p. 1-11 et Chevenard Pierre, *La Précision en métallurgie et la métallurgie de précision*, Paris : Hôtel de la Société, 1952, 44 p. Ici, p. 21-22.

[19] Chevenard Pierre, « La Métallurgie de précision », in : *La Technique moderne*, 30, (1er avril 1938), n° 7, p. 1-11. Ici, p. 1.

[20] *Idem.*

[21] Duffaut François, Tingaud Henri, Nectoux Bernard et Dumaine Alain, « L'Électricité et la métallurgie d'Imphy », in : *Bulletin d'histoire de l'électricité* 33 (1999), p. 125-136 ; Duffaut François, « La Recherche à Imphy entre 1885 et 1914 », in : Amis du Vieux Guérigny (éd.), *Actes du colloque. La Situation du Nivernais en 1900*, Guérigny, octobre 2000, p. 97-102 ; Duffaut François, « Le Nickel : élément clé des spécialités d'Imphy », in : Amis du Vieux Guérigny (éd.), *Marteau Pilon*, vol. 17, Guérigny, juillet 2005, p. 73-82 ; Duffaut François, « Imphy : innover pour vivre », in : Musées de la Nièvre (éd.), *La Nièvre, le royaume des forges. La Métallurgie nivernaise. Inventaire des forges et fourneaux de la Nièvre XVIIe-XXe siècles*, Nevers : Imprimerie normalisée, 2006, p. 37-43.

[22] CH-MIH/CEG-16 à CEG-24 : *Charles-Édouard Guillaume, Fleurier — 17 juin 1938. Allocution de P. Chevenard. Document Imphy. Discours prononcé aux obsèques de M. Guillaume à Fleurier, le 17 juin 1938*, 4 p.

[23] Guillaume Charles-Édouard, « L'Invar et l'Élinvar. Conférence Nobel », in : Fondation Nobel (éd.), *Les Prix Nobel en 1919-1920*, Imprimerie royale. P. A. Norstedt & Söner, Stockholm, 1922, 32 p. Voir aussi : The Nobel Foundation, « Charles Édouard Guillaume », https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1920/guillaume.

[24] Déré Anne-Claire, Duffaut François et de Liège Gérard, « Cent Ans de science et d'industrie », in : Béranger Gérard, Duffaut François, Morlet Jean et Tiers Jean-François, *Cent Ans après la découverte de l'Invar. Les Alliages de fer et de nickel*, Londres ; Paris ; New York : Lavoisier Tec & Doc, 1996, p. 3-23 ; Lambret Éric, Saindrenan Guy, *Cent Ans d'Invar*, Nantes : Laboratoire Génie des matériaux, 1996, 193 p. Ici, p. 57-78 et Lambret Éric, Saindrenan Guy, « The Discovery of Invar and the Metallurgical Works of Charles-Édouard Guillaume », in : Wittenauer Jerry (éd.), *The Invar Effect. A Centennial Symposium*, The Minerals, Metals & Materials Society : Warrendale (PA), 1996, p. 39-47.

[25] Berner Georges-Albert, *Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie*, Bienne : Fédération horlogère suisse, 2002, p. 602.

[26] *Ibid.*, p. 414.

[27] Attinger Claude, « De Christian Huygens à Charles-Édouard Guillaume. La compensation thermique des horloges et des montres », in : *Chronométrophilia* 25 (1988), p. 42-80. Ici, p. 68 et suiv.

[28] DE-DPMA/Brevet CH14270 (6 mai 1897), CH16678 (15 avril 1898), CH15526 (21 avril 1898) et CH15527 (21 avril 1898). Ces quatre brevets sont tous déposés au seul nom de Paul Perret, privant ainsi le physicien du fruit de ses recherches. En effet, Charles-Édouard Guillaume protège ses découvertes sur les ferronickels le 20 octobre 1898 (CH17746), soit six mois plus tard. Sur les améliorations apportées par Guillaume, avant la création de l'Élinvar, voir encore les brevets CH27952 (5 mars 1903) et CH32895 (8 décembre 1904). Sur le point de vue de Paul Perret lui-même, voir : CH-MIH/CEG-1 à CEG-15 : Correspondance de Paul Perret ainsi que : CH-MIH/BAE-24 à BAE-34 : *Mémoire descriptif du spiral compensateur par Paul Perret*, Fleurier, 12 septembre 1904, 14 p.

[29] *L'Impartial*, 1er avril 1904, p. 4 et *la Fédération horlogère suisse* [désormais *F.H.S.*], 3 avril 1904, p. 187.

[30] Observatoire cantonal de Neuchâtel (éd.), *Étude sur le spiral-compensateur Paul Perret comparé avec les spiraux en acier trempé, Palladium et non-magnétiques durci en bronze blanchi*, Fleurier : Imprimerie et lithographie Montandon, 1901, 12 p. et Société des fabriques de spiraux réunies S.A. (éd.), *Deuxième Étude sur le spiral compensateur breveté de Paul Perret, fabriqué par la Société des fabriques de spiraux réunies*, La Chaux-de-Fonds : Imprimerie nouvelle W. Graden, 1907, 5 p.

[31] DE-DPMA/Brevet CH82081 (4 juin 1918), déposé collectivement aux noms de Charles-Édouard Guillaume et de la Société suisse des fabriques de spiraux réunies à La Chaux-de-Fonds.

[32] Veyrassat Béatrice, « De la protection de l'inventeur à l'industrialisation de l'invention. Le Cas de l'horlogerie suisse, de la fin du XIXe siècle à la Seconde Guerre mondiale », in : *Société suisse d'histoire économique et sociale*, 17 (2001), p. 367-383. Ici, pp. 375-376. Voir aussi : Veyrassat Béatrice, « Aux sources de l'invention dans l'Arc jurassien. Une approche par les brevets », in : Belot Robert, Cotte Michel, Lamard Pierre (dir.), *la Technologie au risque de l'histoire*, Belfort-Montbéliard ; Paris : Université de technologie de Belfort-Montbéliard (U.T.B.M.), 2000, p. 69-76.

[33] *Feuille officielle suisse du commerce* [désormais *FOSC*], 1895, p. 1328. Voir aussi : « La Société des fabriques de spiraux réunies. Premier Exemple de la concentration industrielle dans l'horlogerie », in : *Europastar*, décembre 1966, p. 105-108. Voir aussi les cahiers spéciaux publiés pour le 75e anniversaire de l'entreprise dans le *Journal du Jura*, 28 août 1970 ; *Bieler Tagblatt*, 28 août 1970 ; *le Pays*, 29 août 1970 et *l'Impartial*, 7 septembre 1970.

[34] *FOSC*, 1898, p. 938. Voir aussi : Girard-Gallet Constant, « Société suisse des spiraux I », in : *F.H.S.*, 4 août 1923, p. 430 ; Girard-Gallet Constant, « Société suisse des spiraux II », in : *F.H.S.*, 8 août 1923, p. 438.

[35] CH-AMB/Fonds Baehni/Conventions, Statuts, etc., 3-8 : *Convention entre Monsieur Ch. Éd. Guillaume, Directeur au Bureau international des poids et mesures à Sèvres d'une*

part et la Société des fabriques de spiraux réunies, ayant son siège à La Chaux-de-Fonds d'autre part, 1901, 5 p. Ici, p. 4.

36 CH-AMB/Fonds Baehni/Conventions, Statuts, etc., 3-8: *Convention entre Messieurs Ferrier et Vaucher, fabricants de balanciers à Travers d'une part, et la Société des fabriques de spiraux réunies, ayant son siège à La Chaux-de-Fonds d'autre part*, 1901, 4 p. Ici, p. 1.

37 CH-MIH/BAE-24 à BAE-34: *Réflexions sur l'industrie du spiral. Conférence tenue en 1936 par Gustave Ulrich au Rotary de La Chaux-de-Fonds*, 8 p. Ici, p. 6.

38 *FOSC*, 1901, p. 1122.

39 *FOSC*, 1902, p. 1839.

40 ZÜRCHER, Christoph, «Baehni, Paul», in: *Dictionnaire historique de la Suisse (D.H.S.)*, version du 21.12.2001, traduit de l'allemand. Online: https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/029838/2001-12-21, consulté le 30.6.2019.

41 CH-MIH/BAE-35 à BAE-43: *Lettre de Paul Baehni à Th. Renfer*, le 3 janvier 1968, 2 p.

42 BOILLAT Johann, *les Véritables Maîtres du temps. Le Cartel horloger suisse (1919-1941)*, Neuchâtel: Alphil-Presses universitaires suisse; La Chaux-de-Fonds: L'Homme et le Temps, 2014, p. 637.

43 BENCIVENGO Yann, *la Société Le Nickel. Une entreprise au cœur de la naissance de l'industrie du nickel (1880-1914)*, Paris, 2010, 3 volumes. Ici, vol. 1, p. 263 et p. 418-419; BENCIVENGO Yann, *Nickel. La Naissance de l'industrie calédonnienne*, Tours: Presses universitaires François-Rabelais, 2014, 470 p. Ici, p. 53-54.

44 CH-MIH/CEG-1 à CEG-15: *Lettre de la Fabrique des Spiraux Réunies, La Chaux-de-Fonds à Charles-Édouard Guillaume, Sèvres*, 16 janvier 1907, 2 p. Ici, p. 2.

45 BOILLAT Johann, «Des alliances pour des alliages III. Le béryllium des spiraux», in: *Bulletin de la Société suisse de chronométrie*, n° 88 (2019), p. 29-37.

46 DE-DPMA/Brevets CH54715, CH54876 et CH54877 (20 février 1911). Voir encore: DE-DPMA/Brevet CH89576 (21 mai 1920), déposé au seul nom des Fabriques de spiraux réunies à La Chaux-de-Fonds; GUILLAUME Charles-Édouard, «Notice sur les aciers au nickel et leurs applications à l'horlogerie», in: GROSSMANN Jules, GROSSMANN Hermann, *Horlogerie théorique*, Bienne: E. Magron, 1911, vol. 2, pp. 361-414 et CHEVENARD Pierre, *Nouveaux alliages de type élinvar pour spiraux de chronomètres*, La Chaux-de-Fonds: Fabriques de spiraux réunies, 1938, 59 p.

47 ATTINGER Claude, «De Christian Huygens à Charles-Édouard Guillaume. La compensation thermique des horloges et des montres», in: *Chronométrophilia* 25 (1988), pp. 42-80. Ici, p. 57 ss.

48 CH-MIH/BAE-45, BAE-48 à BAE-50 et BAE-56: *Convention entre, Messieurs Borle & Jequier, Fabricants de Spiraux à Fleurier d'une part et la Société des Fabriques de Spiraux Réunies, à La Chaux-de-Fonds d'autre part*, La Chaux-de-Fonds, le 20 septembre 1911, 8 p.

49 *FOSC*, 1897, p. 478.

50 *FOSC*, 1905, p. 1787. Voir aussi: *FOSC*, 1916, p. 1557.

51 *FOSC*, 1908, p. 438.

52 *FOSC*, 1906, p. 1253. Voir aussi: *FOSC*, 1916, p. 1445.

53 BOILLAT Johann, *les Véritables Maîtres du temps. Le cartel horloger suisse (1919-1941)*, Neuchâtel: Alphil-Presses universitaires suisse; La Chaux-de-Fonds: L'Homme et le Temps, 2014, 768 p. Ici, pp. 222-224.

54 *FOSC*, 1929, p. 848.

55 CH-ArCJ/67/J/141: Documents relatifs à l'industrie du spiral: *Convention entre fabricants de spiraux*, 24 octobre 1929, 45 p. La réunion se tient au siège de la Chambre suisse de l'horlogerie à La Chaux-de-Fonds. Elle rassemble Charles-Albert Vuille et Georges Sandoz (F.S.R.), Gustave-Adolphe Ulrich et Louis Huguenin (Fabrique nationale de spiraux S.A.),

Constant Girard-Gallet, Albert Bourquin-Jacquard, Louis Müller et Werner Brandt (S.S.S.) et Ernest Dubois (Stella). Ces fabricants sont encadrés par les membres du bureau de la F.H. Henri Richard (président), Frédéric-Louis Colomb (directeur), Georges Schaeren (Mido), Charles Meyer (Tramelan), Alfred Perrenoud (La Champagne), ainsi que par des représentants du cartel des fournitures: Louis Huguenin pour les producteurs d'assortiments et Jean-Joseph Wyss, secrétaire général de l'UBAH.

56 *FOSC*, 1929, p. 2420.

57 Boillat Johann, *les Véritables Maîtres du temps. Le Cartel horloger suisse (1919-1941)*, Neuchâtel: Alphil-Presses universitaires suisse; La Chaux-de-Fonds: L'Homme et le Temps, 2014, 768 p. Ici, p. 222-228 et p. 415-420.

58 CH-MIH/BAE-6 à BAE-23: *Convention entre d'une part Messieurs Ernest Dubois, industriel à La Chaux-de-Fonds, G.A. Ulrich, industriel à La Chaux-de-Fonds, Louis Huguenin, industriel à La Chaux-de-Fonds agissant en leur nom personnel et en leur qualité de représentants des propriétaires de la majorité, soit du 60 % des actions de la Société des fabriques de spiraux réunies pour lesquels ils se portent fort, désignés dans la présente convention « Les Vendeurs », et d'autre part la Société générale de l'horlogerie suisse S.A., société anonyme ayant son siège à Neuchâtel, désignée dans la présente « L'Acquérante » ici représentée par Monsieur Ernest Strahm, industriel au Locle et Sydney de Coulon, industriel à Fontainemelon*, La Chaux-de-Fonds, le 12 octobre 1931, 8 p.

59 Strahm Ernest, « La situation de l'horlogerie suisse, par Ernest Strahm directeur de la Société générale de l'horlogerie suisse S.A. », in: *Die Schweizer Uhr. La Montre suisse*, 1934, p. 21.

60 *FOSC*, 1929, p. 1678.

61 Anonyme, « Reinhard Straumann », in: *Personenlexikon des Kanton Basel-Landschaft*, version d'origine en allemand. Online: https://personenlexikon.bl.ch/Reinhard_Straumann, consulté le 30.6.2019.

62 Straumann Reinhard, « Eine monometallische Kompensationsunruh », in: *Deutsche Uhrmacher Zeitung* 31 (1928), p. 569-570.

63 Pasquier Hélène, « Uhren, Kompasse und elektrische Zähler. Longines, 1910-1925 », in: Rossfeld Roman, Straumann Tobias (éd.), *Der vergessene Wirtschaftskrieg. Schweizer Unternehmen im Ersten Weltkrieg*, Zürich: Chronos, 2008, p. 151-169; Trédé Monique, *Électricité et électrification dans le monde 1880-1980. Actes du deuxième colloque international d'histoire de l'électricité*, Paris: PUF, 1992, 561 p. et Jäger Kurt (éd.), *Alles bewegt sich: Beiträge zur Geschichte elektrischer Antriebe*, Berlin: V.D.E., 1998, 222 p.

64 CH-MIH/BAE-35 à BAE-43: *Lettre de Paul Baehni à Th. Renfer*, le 3 janvier 1968, 2 p.

65 Boillat Johann, « Birth of a Military Sector. The Case of the International Beryllium Industry (1919-1939) », in: Garufo Francesco et Morerod Jean-Daniel (éd.), *Laurent Tissot, une passion loin des sentiers battus*, Alphil: Neuchâtel, 2018, p. 41-64. Ici, p. 47 et suiv.

66 Stapleton Darwin H., « The City Industrious: How Technology Transformed Cleveland », in: Campbell Thomas F. et Miggins Edward M. (éd.), *The Birth of Modern Cleveland, 1865-1930*, Case Western Reserve Historical Society, Cleveland, 1988, p, 71-95. Ici, p. 78-81.

67 US-KSL/The Charles F. Brush, Sr., Papers.

68 Illig Kurt, Fischer Hellmuth, « Beryllium », in: Engelhardt Victor (éd.), *Handbuch der Technischen Elektrochemie*, Leipzig, 1934 (vol. III), p. 415-476. Ici, p. 470-472.

69 Zentralstelle für Wissenschaftlich-Technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns (éd.), *Beryllium-Arbeiten*, Berlin: Springer, 1929, 256 p.

70 Voir l'évolution des articles consacrés au béryllium, entre 1915 et 1953: Wirth Fritz, « Beryllium », in: Ullmann Fritz (éd.), *Enzyklopädie der technischen Chemie*, München; Berlin, 1915 (2), p. 401-405; Wirth Fritz, « Beryllium », in: Ullmann Fritz (éd.), *Enzyklopädie der technischen Chemie*, München; Berlin, 1928 (2), p. 296-301; Wirth Fritz., « Beryllium », in:

WILHELM Foerst (éd.), *Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie*, München; Berlin, 1928 (2), p. 296-301; JÄGER Gustav, « Beryllium », in: FOERST Wilhelm (éd.), *Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie*, München: Urban & Schwarzenberg, 1953 (4), p. 319-334.

71 US-NARA/*Temporary National Economic Committee* [désormais *TNEC*]. *Investigation of Concentration of Economic Power. Part 5. Monopolistic Practices in Industries. Development of the Beryllium Industry*, Washington D.C.: U.S. Gov. Printing Office, 1939, p. 2011-2163 et p. 2276-2298. Ici, p. 2296-2298.

72 *Deutsche biographische Enzyklopädie* 9 (2008), p. 713.

73 « Man darf ihnen eine bedeutende technische Zukunft prophezeien. Schon heute werden aus ihnen mechanisch und chemisch besonders widerstandsfähige Federn hergestellt »: STOCK Alfred, « Beryllium », in: *Zeitschrift für angewandte Chemie* 42 (1929), p. 637-639. Ici, p. 639.

74 ILLIG Kurt, « Beryllium, ein neuer Werkstoff », in: *Siemens Jahrbuch*, 3 (1929), p. 535-543.

75 KEIL Wilhelm, « Biographie Reinhard Straumann », in: AMREIN Werner (et coll.), *Fortschritte der Uhrentechnik durch Forschung. Festschrift für Herrn Dr.-Ing. Ehrenhalber Reinhard Straumann*, Stuttgart, 1952, p. 1-16 et KERSTEN Martin, « Die Nivarox-Spiralfeder im Lichte der physikalischen Theorien des Ferromagnetismus », in: AMREIN Werner (et coll.), *Fortschritte der Uhrentechnik durch Forschung. Festschrift für Herrn Dr.-Ing. Ehrenhalber Reinhard Straumann*, Stuttgart, 1952, p. 51-67.

76 ROHN W., « Die Entwicklung der Heraeus-Vacuumschmelze A.-G. 1923-1933 », in: HERAEUS-VACUUMSCHMELZE-AKTIENGESELLSCHAFT (éd.), *Die Heraeus-Vacuumschmelze Hanau am Main 1923-1933*, Hanau am Main, 1933, p. 1-73.

77 DE-DPMA/Brevet DE578390 (19 avril 1931), DE585151 (5 décembre 1931) et DE649811 (14 décembre 1935). Pour le marché suisse, les brevets correspondants sont respectivement les suivants: CH160798 (9 avril 1932), CH166535 (28 novembre 1932) et CH196408 (26 novembre 1936).

78 BOILLAT Johann, *les Véritables Maîtres du temps. Le Cartel horloger suisse (1919-1941)*, Neuchâtel: Alphil-Presses universitaires suisses; La Chaux-de-Fonds: L'Homme et le Temps, 2014, 768 p.

79 BOILLAT Johann, « Des alliances pour des alliages III. Le béryllium des spiraux », in: *Bulletin de la Société suisse de chronométrie*, n° 88 (2019), p. 29-37.

80 CH-MIH/CEG-1 à CEG-15: *Lettre de la Fabrique des spiraux réunies, La Chaux-de-Fonds à Charles-Édouard Guillaume*, Sèvres, 6 janvier 1933, 2 p.

81 Musée international d'Horlogerie – La Chaux-de-Fonds (CH-MIH/CEG 1 à CEG 15).

82 BOILLAT Johann, « Contrôler la dissidence: naissance et évolution du cartel horloger suisse (1931-1941) », in: MÜLLER Margrit, SCHMIDT Heinrich, TISSOT Laurent (éd.), *Regulierte Märkte: Zünfte und Kartelle*, Zürich: Chronos, 2011, pp. 261-274. Ici, pp. 268-269.

83 CH-MIH/BAE-6 à BAE-23: *Convention entre M. Reinhard Straumann, Waldenbourg, d'une part et la Société des Fabriques de Spiraux Réunies, Genève, d'autre part*, La Chaux-de-Fonds, le 10 octobre 1945, 2 p.

84 CH-AFS/E 7004/1967/12/47: *Asuag, PV Conseil d'administration*, 6 septembre 1933.

85 BOILLAT Johann, « From Raw Material to Strategic Alloys. The Case of the International Beryllium Industry (1919-1939) », paper presented at the First World Congress on Business History, August 2016, Bergen.

86 ROHN W., « Die Entwicklung der Heraeus-Vacuumschmelze A.-G. 1923-1933 », in: Heraeus-Vacuumschmelze-Aktiengesellschaft (ed.), Die Heraeus-Vacuumschmelze Hanau am Main 1923-1933, Hanau am Main, 1933, pp. 1-73.

87 STRAUMANN Reinhard, « Les alliages au Béryllium (Glucinium) comme matière première pour l'industrie horlogère », in: *La Fédération horlogère suisse*, 6 novembre 1935, p. 274.

88 CH-AFS/E 7004/1967/12/47: *Asuag, PV Conseil d'administration*, 6 septembre 1933.

89 *FHS*, 13 novembre 1935, p. 282.

[90] Poirier Florence, *Cluses*, Saint-Cyr-sur-Loire, 2006, 128 p.

[91] CH-AFS/E 7004/1967/12/47 : *P.-V. du comité directeur de l'ASUAG*, 23 décembre 1931.

[92] CH-AFS/E 7004/1967/12/47 : *P.-V. du comité directeur de l'ASUAG*, 22 novembre 1933.

[93] République française (éd.), *Journal officiel de la République française. Lois et décrets*, n° 63, 1931, p. 2653.

[94] Godeau Robert, « Le Glucinium ; son utilisation », in : *La Métallurgie* 77 (août 1945), n° 8, p. 1-3 ; Godeau Robert, « Les Alliages de glucinium », in : *La Métallurgie* 77 (septembre 1945), n° 9, p. 5-6 et Godeau Robert, « Les Alliages de glucinium », in : *La Métallurgie* 77 (octobre 1945), n° 10, p. 11-16.

[95] DE-EVO, collection Degussa/PCA 01 215 Beryllium 1.2.1927-31.1.1933 : *Chemisches Laboratorium A.G., Leimbach an die Scheideanstalt, Frankfurt/Main*, 22 décembre 1932, 2 p.

[96] Malgré la menace de procès de la part de S&H, la politique de R&D de Péchiney provoque la remise en cause de l'accord international conclut entre Allemands et Américains en 1934. À partir de 1938, la Belgique et la Suisse passent sous la coupe des livraisons de Péchiney pour ce qui concerne le béryllium, Nivarox excepté. Voir *TNEC*, p. 2157-2158. Voir aussi : DE-EVO, collection Degussa/PCA 01 215 à PBA 01 221.

[97] *FOSC*, 1937, p. 1645. Voir aussi : CH-MICI/*Fonds Nivarox* : S.A. fabrique de spiraux Nivarox Saint-Imier (éd.), *Spiral Nivarox 1948*, Saint-Imier : Nivarox S.A., 1948, 21 p. ; Nivarox S.A. (éd.), *Nivarox S.A.*, Saint-Imier : 1968, 49 p.

[98] *FOSC*, 1937, p. 1645.

[99] Nicolet Georges, *Au cœur du temps. Nivarox-FAR : 150 Ans d'histoire des assortiments et des parties réglantes*, Le Locle : Nivarox-FAR, 2000, 143 p. et Simon Hermann, *Hidden Champions of the Twenty-First Century Success Strategies of Unknown World Market Leaders*, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009, p. 71.

[100] Une grosse est une ancienne unité horlogère qui correspond à 12 douzaines : Berner Georges-Albert, *Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie*, Bienne : Fédération horlogère suisse, 2002, p. 546.

[101] CH-AMB/Fonds Baehni/Fonctionnement de l'entreprise 01 : *Livraisons annuelles de spiraux dans les différents genres*, 2 p.

[102] Schaffer-Hartmann Richard, *Die Nacht, als Hanau unterging. 19. März 1945*, Gudensberg-Gleichen : Wartberg-Verlag, 2004, 63 p.

[103] US-KSL/Charles Baldwin Sawyer Papers/Box 26/Folder 02 : Sloman Hedley Archibald, Sawyer Charles Baldwin, *The Beryllium Industries of Germany and Italy (1939 to 1945)*, London : H. M. Stationary Office, 1946, 102 p. Ici, p. 78 : Exhibit 15, Delivery of Nivarox.

[104] Voir Annexe I : Aux sources du groupe Straumann (1892-1951).

[105] US-KSL/Charles Baldwin Sawyer Papers/Box 26/Folder 02 : Sloman Hedley Archibald, Sawyer Charles Baldwin, *The Beryllium Industries of Germany and Italy (1939 to 1945)*, London : H. M. Stationary Office, 1946, 102 p. Ici, p. 73-76, Exhibit 14.

[106] Usine genevoise de dégrossissage d'or (éd.), *les Cent Ans de l'Usine genevoise de dégrossissage d'or 1875-1975*, Genève : UGDO, 126 p. Ici, p. 121-126.

[107] Dubois Ernest, *Spiraux compensateurs à isochronie ajustable*, Lausanne : Journal suisse d'horlogerie, 1948, 40 p.

[108] DE-DPMA/Brevet CH262018.

[109] Musée international d'Horlogerie — La Chaux-de-Fonds (CH-MIH BAE 35 à BAE 43).

[110] CH-MIH/BAE-24 à BAE-34 : *Le Liquidateur de la Société suisse des spiraux en liquidation à Genève*, 9 août 1956, 2 p.

[111] *FOSC*, 1955, p. 374.

[112] « Problèmes actuels de l'horlogerie suisse », in : *Les Intérêts du Jura : Bulletin de l'Association pour la défense des intérêts du Jura* 43 (1972), p. 2-11.

[113] Voir Annexe II : Évolution structurelle de l'ASUAG (1933-1977).

[114] *FOSC*, 1968, p. 2701.

[115] *FOSC*, 1971, p. 510.

[116] *FOSC*, 1977, p. 2238.

[117] Boillat Johann, « Des banquiers des horlogers aux horlogers des banquiers. Une analyse quantitative du patronat des cantons de Berne, Neuchâtel et Soleure (1900-1950) », in : Flores Zendejas Juan, Hürlimann Gisela, Lorenzetti Luigi et Schiedt Hans-Ueli (éd.), *Des textes et des chiffres. La place des approches quantitatives dans l'histoire économique et sociale*, Zurich : Chronos, 2019, p. 177-199. Ici, p. 185.

[118] *FOSC*, 1984, p. 2586.

[119] Musée international d'Horlogerie — La Chaux-de-Fonds (CH-MIH BAE 35 à BAE 43).

[120] CH-MIH/BAE-35 à BAE-43 : *Exposé de M. Louis Huguenin, Directeur de la Société des fabriques de spiraux réunies fait à l'occasion de l'Assemblée générale du 20 octobre 1952 de la Société suisse des spiraux*, 4 p.

[121] CH-MIH/BAE-6 à BAE-23 : *Quelques considérations concernant les alliages pour spiraux*, Bienne, le 5 janvier 1967, 8 p.

[122] Source principale : Müller Reto, « Reinhard Straumann », in : *Dictionnaire historique de la Suisse*, traduit de l'allemand, version du 29.6.2012. Online : https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/016400/2012-06-29, consulté le 30 juin 2019.

[123] Hermann Straumann, qui épousé la fille du fondateur de la manufacture de Waldenburg, Gédéon Thommen (1831-1890), n'a aucun lien de parenté avec Reinhard Straumann.

[124] *FOSC*.

[125] Stamm Heinrich, « 50 Jahre medizinische Forschung in Waldenburg », in : *Swiss Journal of History of Medecine and Sciences* 40 (1983), 3-4, p. 281-290. Voir notamment p. 288-289.

[126] Althaus Heinrich, « Reinhard Straumann », in : *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles. Partie scientifique et administrative* 148 (1968), p. 229-231.

[127] Simon Peter, « Das Institut Straumann A.G. – Aus Tradition den Fortschritt gestalten », in : Heimatkundekommission Waldenburg (éd.), *Heimatkunde Waldenburg*, Waldenburg : Verlag des Kantons Basel-Landschaft, 2011, p. 299.

[128] CH-STG/« Straumann a 60 ans – Simply Doing More », in : *Starget* 1 (2014), p. 5-17.

[129] Straumann Reinhard, « Les méthodes de fabrication et de contrôle du ressort Nivaflex », in : *Bulletin de la Société suisse de chronométrie et du Laboratoire suisse de recherches horlogères* 3 (1953), p. 307-312.

[130] *FOSC*, 1951, p. 3062.

[131] Jeannet Jean-Pierre, *Leading a Surgical Revolution The AO Foundation – Social Entrepreneurs in the Treatment of Bone Trauma*, Springer Nature Switzerland A.G., Cham, 2009, p. 121-128 et 151-156.

[132] *FOSC*, 1954, p. 1011.

[133] CH-STG/« Straumann a 60 ans – Simply Doing More », in : *Starget* 1 (2014), p. 5-17.

[134] La date de fondation des sociétés ne correspond pas systématiquement à celle de leur publication dans la *FOSC*. De légères différences peuvent donc apparaître selon que l'on se réfère à la première ou à la seconde. Dans ce cas précis, les premières ont été systématiquement retenues. Source : *FOSC*.