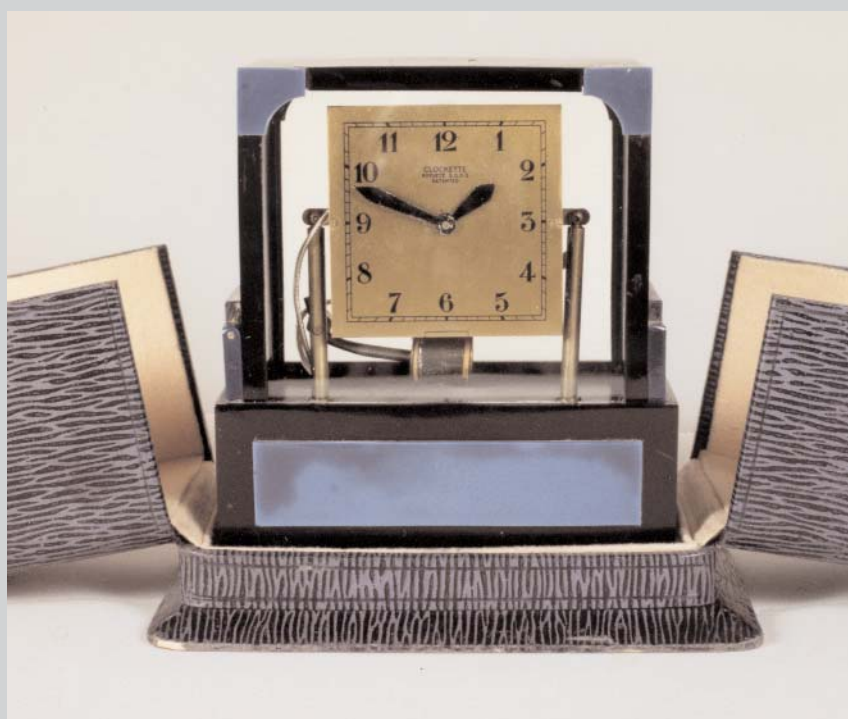


L'heure électrique

trois collections - une exposition



texte de Michel Viredaz

extrait de l'ouvrage des actes du colloque et
catalogue de l'exposition

Musée international d'horlogerie
La Chaux-de-Fonds

LES HORLOGES ÉLECTRIQUES

Michel Viredaz

Vice-président Chronométrophilia

Collectionneur

Note préalable: *M. Michel Viredaz n'a pas remis de texte écrit mais une présentation Power Point qu'il a commentée. Le texte suivant est une mise en forme aussi proche que possible de l'enregistrement réalisé lors du colloque. Elle a été effectuée par Nicole Bosshart. M. Michel Viredaz a relu cette version et l'a approuvée.*

Suite à l'acquisition de sa première horloge électrique, il y a 25 ans, Michel Viredaz a développé une passion pour l'horlogerie électrique et si c'est en autodidacte qu'il s'est formé, il est aujourd'hui sans conteste un des meilleurs spécialistes de cette branche. De plus, il excelle dans la vulgarisation de son savoir.

La présentation s'appuie en partie sur des dessins techniques animés développés par M. J. E. Bosschieter, physicien hollandais, et ami du conférencier.

La présente communication est consacrée à ce qu'on appelle la grosse horlogerie. L'horlogerie de petit volume, les montres, seront traitées dans d'autres communications de ce colloque. Pour cadrer encore plus précisément le sujet, la présentation traitera de l'horlogerie électrique jusqu'à l'apparition du premier transistor et n'abordera pas l'électronique, dont l'une des premières caractéristiques est l'introduction d'un semi-conducteur dans un circuit.

L'accent principal sera porté sur la production européenne, avec un intérêt particulier pour la Suisse. En effet, les horloges américaines, plus tardives sont généralement moins connues ici que celles d'Europe. Dans cet exposé, une omission volontaire est faite, celle de l'aventure de Matthias Hipp et de la société qu'il a créée, la Favag, puisque ce sujet sera traité séparément par M. Jaime Wyss.

Structurée en quatre chapitres, cette présentation abordera les raisons de l'électrification de l'heure, l'historique de l'horlogerie électrique, la classification que l'on doit faire pour distinguer les particularités techniques des horloges électriques et finalement, au cœur même de ce propos, une description typologique basée sur des exemples, des dessins animés et des photographies.

I. LES RAISONS DE L'ÉLECTRIFICATION DE L'HEURE

Trois raisons semblent avoir prévalu pour l'électrification de l'heure dans le deuxième quart du 19ème siècle:

1. Transmission de l'heure

À la fin du 18ème siècle on s'accordait enfin sur un système d'heure, deux fois douze heures commençant à minuit. Cependant, au début du 19ème siècle, presque chaque ville, voire chaque village, gardait encore son heure donnée par le clocher lui-même réglé sur l'heure solaire ou pour les agglomérations plus grandes par un observatoire local.

On pouvait la transmettre à courte distance, par exemple dans un clocher où un mouvement donnait, à l'aide de tringles, l'heure à quatre cadrans. L'heure des clochers pouvait éventuellement se lire à 3km depuis une colline. Les cloches résonnaient aussi, mais l'heure ne pouvait se transmettre de Genève à Zürich!

Cette époque est celle des débuts de l'industrialisation et du développement des transports. Les diligences se sont généralisées, le chemin de fer apparaît. Dans les usines de quatre ou cinq étages, il est nécessaire que dans tous les ateliers les ouvriers aient la même heure pour commencer et finir le travail en même temps. Les transports ont besoin d'avoir des horaires cohérents. Comment faire un horaire si, à chaque station, il y a une autre base de temps: vous partez à 10 heures 04 et vous arrivez à 10 heures 03 parce que le village suivant a une autre heure. Toutes ces raisons ont poussé à unifier le temps et pour l'unifier il fallait pouvoir le transmettre, et on a vu dans l'électricité la possibilité de le faire.

Cette unification de l'heure ne se généralisera qu'à partir de 1884, lorsque le monde se mit d'accord pour unifier le temps pour la planète entière par le système des fuseaux horaires, tel que nous le connaissons encore aujourd'hui. Il a cependant fallu encore plusieurs décennies pour l'appliquer partout.

2. Recherche de la précision

Une deuxième raison consiste en une recherche de précision. L'idée que les horloges électriques sont par essence plus précises que les horloges mécaniques est erronée. En effet, beaucoup ne le sont pas ou n'ont pas de qualités extraordinaires. Cependant, c'est tout de même l'électricité qui a permis d'atteindre la plus grande précision, finalement la précision atomique, puisque l'horloge atomique sera alimentée par l'électricité, sans pour autant conclure que l'horloge atomique est une simple horloge électrique ! Ainsi, on aboutira après de nombreuses recherches en passant par les perfectionnements électromécaniques, par le quartz puis l'atome, à une nouvelle définition de la seconde en 1967, la seconde atomique. Cette date, considérable dans l'histoire du temps est le moment où sa mesure échappe aux horlogers et aux astronomes pour passer aux mains des physiciens. C'est un changement majeur dans l'histoire du temps.

3. Autonomie des horloges

Il peut être surprenant d'aborder l'autonomie des horloges seulement comme troisième raison, mais le fait qu'il n'y ait pas besoin de les remonter n'est pas ce qui a vraiment motivé l'électrification dans l'horlogerie. C'est un avantage pratique mais pas une motivation au changement.

II. BREF HISTORIQUE

Ce court historique évoque également des dates qui ne sont pas à proprement parler des références de l'histoire de l'horlogerie électrique, mais des dates préliminaires à son implantation et son expansion.

1815

Commençons par la seconde date. En 1815, apparaît une horloge basée sur l'électricité statique. Il y a eu un certain nombre de recherches pour créer des gardes temps se basant sur l'électricité statique. Le sujet mériterait à lui seul une conférence. Cependant, ces recherches ont abouti à une voie sans issue, aucun développement technique valable n'est né de son emploi. Les deux autres dates sont par contre des préliminaires indispensables à l'horlogerie électrique.

1800

Date de l'invention de la pile par Volta. Logiquement, il ne peut y avoir d'horloge électrique sans courant électrique.

1825

La deuxième date majeure, c'est l'invention de l'électro-aimant par un anglais nommé Sturgeon en 1825. L'électro-aimant joue un rôle considérable dans les horloges électriques. Elles sont, pour la plupart, basées d'une façon ou d'une autre sur l'utilisation de l'électro-aimant. Certaines le sont sur la base de l'utilisation d'un moteur qui apparaîtra un peu plus tard, mais finalement un moteur n'est rien d'autre qu'un électro-aimant un peu évolué.

1840

Le début de l'histoire de l'horlogerie électrique est fixée par tous les spécialistes en 1840 et est rattaché au nom d'Alexandre Bain, un écossais établi à Londres, qui après une formation (incomplète) en horlogerie s'est passionné pour l'électricité. Il a déposé son



Alexandre Bain



Shortt

premier brevet en 1840, avant tout le monde, alors même qu'il y avait une bonne douzaine de savants qui planchaient déjà sur le thème. Bain a été un grand visionnaire, il décrit à peu près tout ce qu'on pouvait imaginer de l'utilisation de l'électricité dans ses différents brevets. Il a réalisé une cinquantaine d'horloges, sans pour autant donner lieu à une industrie, comme Hipp en Suisse par exemple.

1842

En Suisse, nous attachons une plus grande importance à Hipp, sujet d'une autre conférence, puisqu'il est le premier à avoir introduit une industrie de l'horlogerie électrique. Hipp présente sa première horloge en 1842. Il ne pouvait pas déposer un brevet car la notion de brevet n'avait pas encore été créée en Suisse. Les premiers brevets suisses datent de 1889. Hipp, visionnaire, grand inventeur, a jeté les bases d'une industrie et d'une grande entreprise qui par la suite s'est appelée Favag (contraction de Favarger, l'un de ses successeurs), et qui n'a disparu qu'en 1989.

1856

Cette date est un bon prétexte à évoquer la grande famille des Breguet. Ces horlogers se sont aussi plongés dans l'horlogerie électrique. Le neveu Breguet avait développé à cette date un remontoir électrique, dont on ne connaît que les dessins. A-t-il été réalisé? Il avait eu l'idée de combiner les horloges électriques avec des lampadaires pour donner l'heure la nuit aux passants dans les rues.

1860

Bref retour vers Hipp. C'est le moment où il s'installe à Neuchâtel. Cette date est importante, elle marque le début de l'industrie, après la période du laboratoire qui s'étend de 1840 à 1860. A partir de ce moment, Hipp fabrique en série et installe des horloges. Ce n'est plus simplement de la recherche, c'est vraiment de l'utilisation.

1885

Puis tout s'accélère. Le moteur Ferraris, un des premiers moteurs, apparaît en 1885. Beaucoup l'utilisèrent dans les horloges électriques. Le nom de Ferraris est relativement inconnu, mais tout le monde connaît le «moteur Ferraris». C'est ce moteur à grand disque d'aluminium qu'on voit dans tous les compteurs électriques.



Marius Lavet applique le transistor à l'horlogerie et fait de multiples autres inventions dont beaucoup sont d'ailleurs à la base des montres électroniques.

1912

Les premiers signaux radios horaires sont émis de la tour Eiffel. Donc, on se détache déjà du fil pour transmettre l'heure.

1916

Apparition de l'horloge synchrone, dont l'explication du fonctionnement sera abordée plus tard dans ce texte. C'est aussi les débuts de l'utilisation du réseau électrique pour transmettre l'heure.

1922

Avec les horloges de Shortt, on est au sommet de la précision électromécanique; peu après on passe déjà au quartz (dès 1930).

1953

C'est le début de la fin pour l'horlogerie électrique! Le transistor vient d'être inventé et Marius Lavet l'intègre tout de suite à l'horlogerie. En 1955, apparaît l'horloge atomique et autour de 1970, on est à la fin de l'horlogerie électrique.

Entre 1955 et 1970, il se fabrique de moins en moins d'horloges électriques et de plus en plus d'horloges électroniques. Et, à partir de 1970, a commencé l'ère de l'électronique pure. Cette communication s'arrêtera à ce moment-là.

L'horlogerie électrique, cœur de ce sujet, présente donc une tranche d'histoire complètement bouclée qui s'étend de 1840 à 1970.

III. CLASSIFICATION

Pour bien comprendre l'horlogerie électrique, il est essentiel de pratiquer une classification des horloges selon différents critères développés ci-après.

En horlogerie mécanique, depuis la fin du 13^{ème} siècle jusqu'aux montres les plus sophistiquées des grands créateurs d'aujourd'hui, il n'y a qu'un seul et unique principe dans le mouvement de marche. Il y a un moteur, c'est-à-dire un poids ou un ressort, un train de rouage, un échappement qui transforme un mouvement rotatif en mouvement alternatif et un oscillateur qui règle la vitesse. Toute l'horlogerie mécanique repose sur ce principe. Il y a ensuite de multiples différences constructives, on connaît des centaines d'échappement. Mais le principe reste le même.

En horlogerie électrique, on peut par contre distinguer plusieurs principes. Nous en distinguerons trois. Certains auteurs n'en distinguent que deux.

Ces trois catégories se subdivisent de nouveau selon des différences constructives. On pourrait discuter un peu sur ce qui est un principe et ce qui est une différence constructive, mais il est assez clair qu'on a à faire à des principes différents. Pour éviter toute confusion, il faut commencer par faire cette distinction et cette classification, ce qui per-

mettra de décrire les différents types d'horloges qui existent. Il serait néanmoins peu judicieux de faire une arborescence complète de toutes les horloges électriques, le tableau qui en résulterait serait complètement illisible. On peut les examiner sous l'angle de la fonction, sous l'angle du type de mouvement, selon l'usage et accessoirement selon la source d'électricité.

1. Classification par types de fonction

En les analysant selon l'angle de la fonction, on peut distinguer essentiellement trois types, auquel s'ajoute un quatrième quelque peu différent.

A. Horloges-mères

En référence au principal objectif développé par les précurseurs de l'horlogerie électrique comme évoqué plus haut, la transmission du temps, les horloges-mères prennent place en tête de cette classification.

Qu'est-ce qu'on appelle une horloge-mère? C'est une horloge, un garde-temps, qui peut ou non indiquer l'heure là où elle se trouve, sa fonction première est en effet d'envoyer des signaux dans un réseau de fils afin de transmettre le temps à distance.

B. Horloges indépendantes

Les horloges indépendantes sont, comme les horloges mécaniques, des garde-temps qui indiquent l'heure par l'intermédiaire d'un cadran là où ils sont et pas ailleurs. Seul leur mouvement les distingue des horloges mécaniques.

C. Horloges secondaires

Lorsque l'on parle d'«horloge» secondaire, il est important de prendre conscience que le terme «horloge» est impropre. Ce sont des horloges dans le sens où elles ont un cadran et des aiguilles et qu'on peut y lire l'heure, mais ce ne sont pas des horloges dans la mesure où ce ne sont pas des gardes-temps autonomes. Elles n'ont aucune fonction chronométrique, ce sont des instruments qui reçoivent les fameuses impulsions envoyées par les horloges-mères et qui transforment ces impulsions en indications données sur un cadran.

D. Horloges synchrones

Comme pour les horloges secondaires, celles-ci sont des horloges parce qu'elles ont un cadran, elles n'ont toutefois aucune fonction chronométrique. Elles reçoivent elles aussi le temps de l'extérieur, le temps de l'usine électrique. Ces horloges synchrones ne sont pas à proprement parler une fonction, parce que dans un sens on peut dire que ce sont des horloges indépendantes et dans un autre sens on pourrait dire que ce sont des

Classification par type de mouvement (mères ou indépendantes)

1. Horloges dont le balancier reçoit une impulsion électro-magnétique
2. Horloges mécaniques à remontage électrique
3. Horloges dont le balancier reçoit une impulsion mécanique commandée directement ou indirectement par l'électricité
 - (Constructions particulières et anecdotiques)

Le tableau ne s'applique qu'aux horloges-mères ou indépendantes et n'a rien à voir avec les horloges secondaires et synchrones.

horloges secondaires. On pourrait aussi en faire une catégorie à part.

2. Classification par types de mouvements

Plus importante est la classification par types de mouvements.

Distinguons trois principes très différents :

A. Balancier mû par une impulsion électromagnétique

Les premières horloges électriques, pour certains les seules vraies, sont les horloges dont le balancier est mû par une impulsion électromagnétique. Le principe est complètement différent de l'horloge mécanique. Il y a un balancier qui est à la fois le moteur et le régulateur, ce qui veut dire que ce balancier pourrait être totalement indépendant. On peut imaginer un balancier d'horloge électromagnétique qui fonctionne tout seul. Il n'y a pas de rouage, pas d'échappement. Il y a simplement le balancier, avec son contact, qui oscille. Il ne s'agit pourtant pas du mouvement perpétuel, il y a une source d'énergie, c'est une pile! Ce balancier oscille certes, mais un balancier qui oscille tout seul, ça ne sert à rien. Il faut lui adjoindre un système pour compter les oscillations et puis transformer ce décompte d'oscillations en un affichage de l'heure. Pour cela, il y a deux méthodes :

1. Mettre un système mécanique, tel qu'un cliquet ou un rochet et, à partir de là, un rouage de minuterie qui permet d'afficher l'heure avec des aiguilles.

2. Dériver le contact électrique donné par le balancier lui-même dans une horloge secondaire et faire un système complètement électrique.

Et les deux ont été réalisées.

B. Horloge à poids ou ressort avec remontage électrique

Le deuxième principe est simple à comprendre. Il s'agit d'horloges mécaniques à poids ou à ressort avec un système de remontage électrique. On aborde ici le fameux troisième objectif, l'autonomie de l'horloge. Le remontage à clé ou à manivelle est remplacé par un moteur ou un électro-aimant.

C. Impulsion mécanique commandée électriquement

Un troisième principe, pas toujours reconnu par les auteurs européens parce que relativement peu utilisé sur le continent, au contraire de la Grande-Bretagne, est le cas de l'horloge qui reçoit une impulsion mécanique commandée électriquement directement sur le balancier. C'est en quelque sorte un balancier, presque indépendant, qui reçoit une chiquenaude de temps en temps, par exemple, dans les constructions anglaises, toutes les trente secondes. Imaginez un balancier libre, toutes les secondes vous lui donnez une impulsion manuelle et il continue à osciller. Simplement ici l'impulsion est donnée par un système électrique. Ce sont des horloges assez extraordinaires de par leur simplicité et leur efficacité, qui sont d'ailleurs à la base de la fameuse horloge de précision de Shortt.

S'ajoutent aux trois principes évoqués ci-dessus toutes sortes de constructions anecdotiques. Comme dans tous les domaines, il y a toujours des inventeurs qui veulent se distancer des autres et amener des innovations un peu fantaisistes, dans l'espoir de se distinguer.

En examinant les horloges électriques sous l'angle de l'utilisateur, on différencie principalement deux catégories: celles à usage commercial industriel, les horloges-mères et secondaires le plus souvent, et celles à usage privé, en général des horloges indépendantes ou synchrones.

3. Classification par source d'énergie

Examinons finalement la source d'énergie bien que cela ne permette pas une classification pertinente. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'on a utilisé toutes les sources possibles: les piles, les batteries, les batteries rechargeables, les transformateurs, le courant du réseau, le courant continu, le courant alternatif, tout a été appliqué une fois ou l'autre à l'horlogerie électrique.

IV. DESCRIPTION DE DIFFÉRENTS TYPES D'HORLOGES

On aborde ici plus en détails les différents types d'horloges en se basant sur des exemples précis et illustrés.

HORLOGES-MÈRES ET INDÉPENDANTES

A. Horloge à impulsion électromagnétique sur le balancier

Il s'agit donc d'un balancier moteur-régulateur qui est mis en mouvement par le magnétisme, lequel magnétisme est provoqué par l'électricité. Cette mise en mouvement, cette impulsion, peut être occasionnelle, ce sera le cas pour les horloges de Hipp (cf. J. Wyss, Les horloges électriques de Matthias Hipp, de l'horloger à l'industriel), mais elle peut se faire à chaque oscillation c'est le cas de la plupart des horloges françaises. Un seul exemple, très secondaire (Holden), se fait à chaque alternance.

Horloge Lepaute: Le balancier avec son cylindre. Dans le cas particulier, ce cylindre est terminé par une petite plaquette magnétique, en dessous se trouve une bobine électrique et à l'intérieur de l'horloge il y a un système de contact (voir plus bas). Cette bobine va donner une impulsion magnétique au petit aimant, à chaque fois il tire un petit peu le balancier et il lui redonne l'énergie qu'il a perdu, dans ce cas particulier à chaque oscillation. Accessoirement, il y a ici un curieux dispositif, c'est un réglage par déplacement d'une masse magnétique. Le réglage approximatif se fait, comme dans n'importe quelle horloge, par la longueur du balancier, le réglage fin, quant à lui, est réalisé en déplaçant légèrement une petite masse magnétique qui va



Horloge Lepaute



Horloge Bulle-Clock

modifier le champs magnétique de la bobine et faire avancer ou retarder très légèrement l'horloge.

Horloge Bulle-Clock: Cette horloge d'origine française, une des premières Bulle-Clock, développée selon les principes de Charles Féry, n'a pas à proprement parlé un électro-aimant. L'électro-aimant consiste en une bobine avec un noyau de fer doux qui agit sur une masse de fer doux placée sur la partie mobile. L'idée de Féry était d'utiliser des bobines creuses sans noyau et de faire en sorte que ces bobines se meuvent sur un barreau aimanté. Dans la Bulle-Clock qui date de 1920, le barreau aimanté est fixé au bâti et la bobine est fixée au balancier. Il y a un système qui donne le contact car, évidemment, le principe est de faire passer le courant électrique au bon moment de façon à ce que le magnétisme donne une impulsion au balancier. Une fraction de seconde trop tôt ou trop tard implique qu'au lieu de lui donner une impulsion, il s'arrête et se bloque instantanément. La zone de contact est la partie critique.

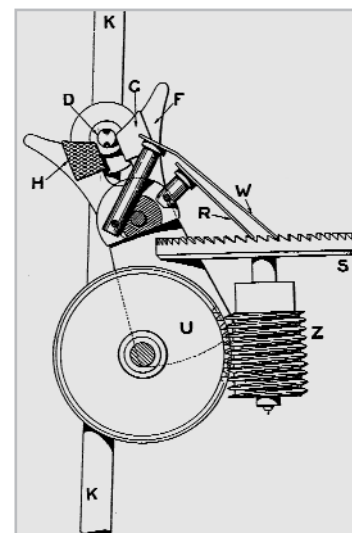


Schéma 1

Schéma 1: Le système de contact et d'encliquetage d'une Bulle-Clock: le balancier est en K, sur le balancier K se trouve en D une petite goupille en argent et l'un des pôles de la batterie est branché à travers le balancier sur cette goupille D. Sur le rouage, se trouve la fourchette F et sur cette fourchette F, il y a une plaquette d'argent G qui, elle, est reliée à travers la masse à l'un des pôles de la bobine, l'autre étant relié à l'autre pôle de la pile. En H, se trouve une plaquette isolante. Lorsque le balancier va à droite, D vient toucher G et le courant passe, la bobine donne son impulsion magnétique, alors que les cliquets R et V font avancer le rouage. Le barreau aimanté est tripolaire, comme si c'était deux aimants collés ensemble. Il y a un pôle nord à chaque bout et un pôle sud au milieu.

Inventées en 1918, ces horloges ont été fabriquées jusqu'en 1955. L'inventeur de cette horloge est le français Maurice Favre-Bulle, probable descendant d'une famille originaire du Val-de-Travers. Homme de prestance, il a eu un grand succès commercial. C'est vraisemblablement le type d'horloge le plus fabriqué de toute l'histoire de l'horlogerie électrique.

Horloge Brillé: Construite sur le même principe que la Bulle-Clock mais avec la bobine sur le bâti et le barreau aimanté placé sur le balancier, l'horloge Brillé, également d'origine française, a été fabriquée de 1910 jusqu'à il y a peu (la marque Brillé a d'ailleurs été reprise récemment).



Horloge Brillé

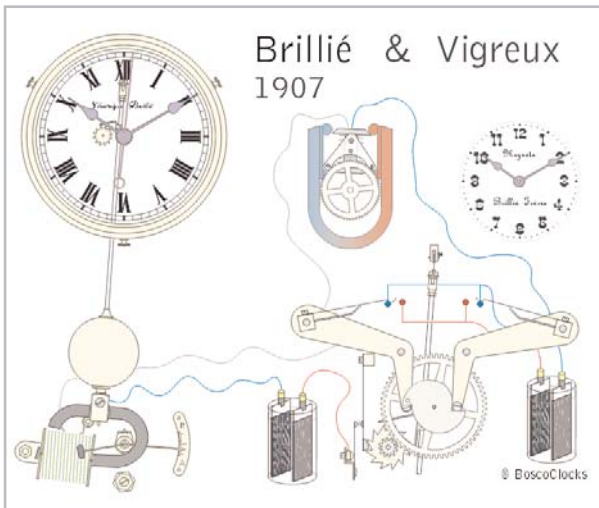


Schéma 2

Schéma 2: À gauche du schéma, l'horloge entière puis l'horloge secondaire avec son cadran qui avance toutes les trente secondes. Le contact se fait à l'aide du petit cliquet se trouvant sur le balancier qui pousse un rochet qui ferme le contact. D'autres contacts envoient un courant dans les horloges secondaires, dont la polarité est changée à chaque impulsion.



Horloge ATO

Horloge ATO: Nouvel exemple d'horloge d'origine française (les Français ont particulièrement développé une horlogerie électrique basée sur l'électromagnétisme, alors que les Allemands, les Suisses, à l'exception de Hipp, et les Anglais en ont fait relativement peu et ont utilisé souvent d'autres systèmes).

Schéma 3: C'est aussi un système de rochet qui agit sur le contact, le barreau aimanté est au bas du balancier et la bobine est fixée sur le bâti.

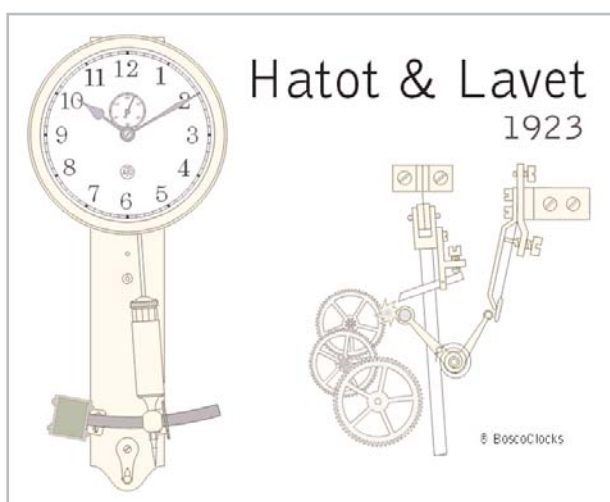


Schéma 3

Jusqu'à présent, nous avons examiné des horloges à balancier pendulaire. On a appliqué ces mêmes principes également sur des mouvements à balanciers circulaires. Cela a permis la miniaturisation, appliquée à toute une série de pendulettes avec des mouvements à peine plus grands que ceux des montres. Il y a même eu un certain nombre de montres basées sur ce principe.

Horloge Cauderay: Cauderay, d'origine lausannoise, s'est établi un temps à Paris avant de revenir à Lausanne et de créer une entreprise d'électricité qui existe toujours. Il a inventé une horloge, dont le mouvement est de même volume que celui d'un mouvement de Paris.



Mouvement horloge Cauderay

Schéma 4: à gauche du schéma, se trouve le balancier circulaire, on voit aussi les deux bobines de l'électro-aimant qui agissent sur une masse de fer doux fixée à l'axe du balancier. Le contact est basé sur celui de Hipp. La masse oscille donc entre les pôles

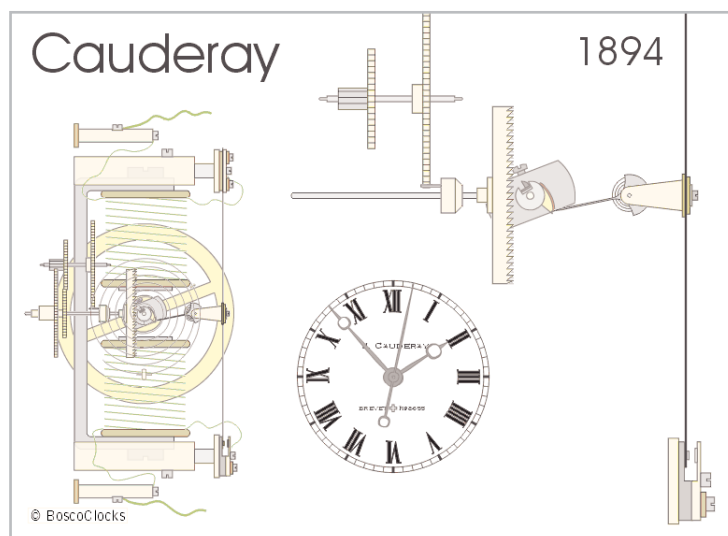
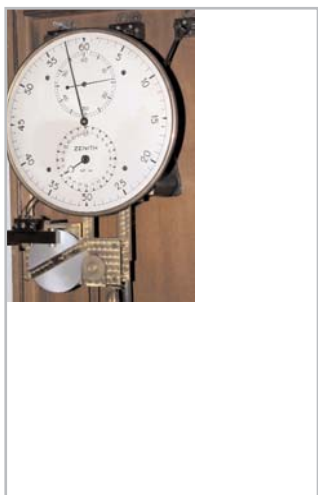


Schéma 4

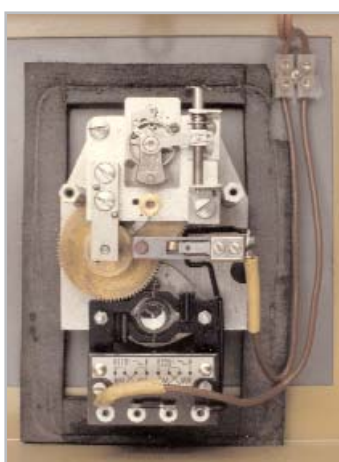
de l'aimant. Quand le courant passe, ça lui redonne de l'amplitude, et quand l'amplitude baisse trop, le courant passe de nouveau. C'est là l'essentiel de l'invention de Hipp: ne donner une impulsion que lorsque l'amplitude baisse trop. Le résultat est que l'on a certes des variations de l'amplitude mais selon une courbe suffisamment régulière pour garantir une bonne marche moyenne.

B. Horloges à remontage électrique

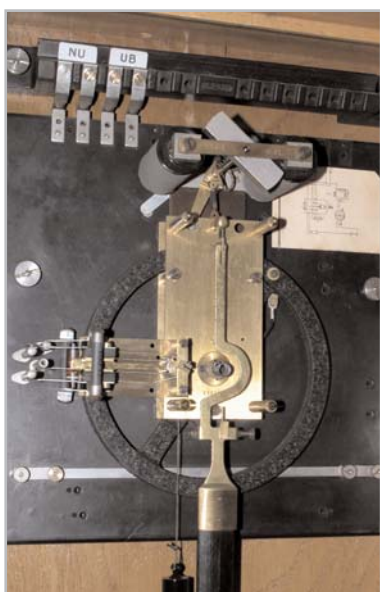
Il s'agit donc d'horloges qui comme en horlogerie mécanique sont à poids ou à ressort et dont le remontage seul est électrique, avec un effet relativement court ou relativement long, avec ou sans réserve de marche. Avec un poids, on peut avoir une réserve de marche de toute la hauteur de chute mais, tant qu'il y a du courant, le poids est remonté toutes les minutes ou toutes les cinq minutes, ou constamment, ou par fraction de millimètres, c'est égal. Si le courant s'interrompt dans ce genre d'horloges, l'avantage est



Horloge Zénith



Pendule de cuisine Brillé



Horloge à poids Elektro-Zeit

que le poids ou le ressort peut continuer à la faire fonctionner et lorsque le courant revient, le poids ou le ressort est à nouveau remonté à fond. Le remontage peut se faire soit par un électro-aimant soit par un moteur, l'électro-aimant se comportant en fait comme un moteur pas-à-pas.

Horloge de précision de Zénith: C'est une horloge à poids, avec un moteur complètement séparé du mouvement, la même horloge existant d'ailleurs aussi avec un remontage à clé, donc manuel. Elle est équipée du fameux moteur Ferraris avec son grand disque d'aluminium. Le courant passe sans arrêt, il n'y a pas d'interruption car il y a une très faible intensité, donc très peu d'échauffement. Le disque est simplement arrêté par friction quand le poids est tout en haut. Dès que le poids descend, peut-être d'à peine un demi-millimètre, le disque fait deux, trois tours et remonte le poids. Mais, en cas d'absence de courant, le poids peut descendre et permet une réserve de marche d'environ 6 heures. C'est une des plus belles horloges électriques jamais fabriquées en Suisse, aux environs de 1930-40.

Pendule de cuisine Brillé: Cette modeste pendule de cuisine est construite sur le même principe que la magnifique horloge de précision décrite plus haut, avec un petit porte échappement, un moteur dérivé du moteur Ferraris et un barillet avec ressort. Le tout fonctionne selon le même principe que l'horloge Zénith. La réserve de marche est celle d'un gros barillet et, à intervalles réguliers, le courant est interrompu. Dans ce genre de remontage, on n'arrête pas le moteur par friction mais par interruption du courant. Ça se fait généralement par un écrou montant et descendant le long d'une vis associée au barillet.

Autre exemple, une horloge allemande à poids EZ (Elektro-Zeit),

Schéma 5: On ne voit que la partie moteur de l'horloge. En bas, se trouve le poids qui est attaché à une roue portée par un très grand volant, lequel porte un contact. Quand le poids descend, à un moment donné le contact qui se trouve sur le volant se ferme et permet au courant de passer, l'électro-aimant fait alors tourner son armature, qui donne une chiquenaude au volant, ce qui remonte le poids pour environ trois minutes. Ces horloges ont été fabriquées depuis 1930 environ.

Horloge à remontage manuel (Magneta): Cet autre exemple n'est pas une horloge électrique mais une horloge à remontage complètement manuel: on y voit l'arbre au bout duquel on met la manivelle pour la remonter. Les plus tardives de ces horloges se sont faites avec un moteur de remontage électrique. Ce qui est électrique et original dans cet exemple, c'est le système de

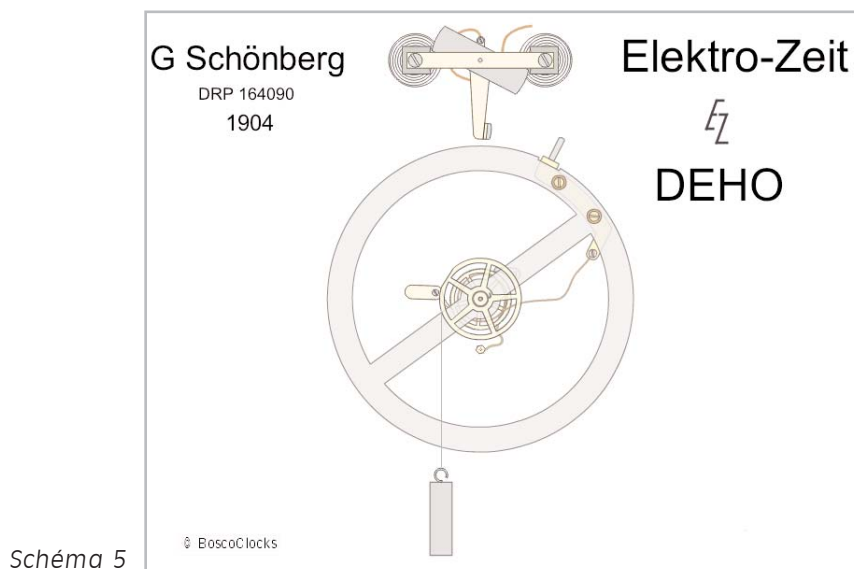


Schéma 5

transmission des impulsions aux horloges secondaires. Dans tous les exemples précédents, il y a un contact électrique qui, en se fermant, envoie le courant à partir d'une pile dans des horloges secondaires qui avancent par sauts. Dans cet exemple, c'est l'horloge elle-même qui crée le courant électrique par un inducteur du même genre que les premiers inducteurs des téléphones à manivelle. Dans ce cas, il y a un très gros inducteur qui est actionné chaque minute par un énorme poids. Le système envoie une impulsion durant deux à trois centièmes de secondes dans un réseau d'horloges secondaires pour les faire avancer, d'où le slogan de Martin Fischer qui a inventé cette horloge en 1899-1900 «l'horloge électrique sans batterie ni contact». En fait, l'horloge n'était pas électrique, ce qui bien évidemment lui permettait d'être sans batterie ni contact, mais les horloges secondaires, elles, étaient électriques. Ce système a été par la suite racheté par la maison Landis & Gyr qui a poursuivi sa fabrication pendant quarante ans avec beaucoup de succès. L'idée qui se cache derrière une telle invention, «sans contact ni batterie électrique», met le doigt sur les deux grands problèmes de la fin du 19ème siècle. La pile inventée cent ans plus tôt ne se trouvait pas facilement. Les batteries demandaient beaucoup de soin, faites de bacs en verre avec de l'acide, il fallait les nettoyer, les dépolier, les entretenir et ce n'était pas sans danger, des vapeurs toxiques se dégageaient etc. Donc, en évitant la pile et en créant le courant électrique d'une autre manière, on devait rencontrer le succès. Et le contact était l'autre problème car qui dit contact dit étincelle, qui dit étincelle dit oxydation et brûlure; rapidement les contacts s'abîmaient et devaient être constamment réparés. C'est quelques années plus tard, au début du 20ème siècle qu'on trouvera des systèmes avec résistance et condensateur pour éliminer cette étincelle et protéger le contact. Mais à la fin du 19ème siècle, on ne sait pas encore le protéger.

C. Impulsion mécanique donnée au balancier

C'est la fameuse chiquenaude. Le balancier presque indépendant auquel on donne de temps en temps, sous une forme ou une autre, un petit coup pour lui redonner de l'amplitude, généralement toutes les trente secondes ou toutes les minutes selon les cons-

tructions.

Il existe trois types de construction :

1. Dans certaines horloges, cette chiquenaude est donnée par la gravité, par un poids qui tombe, et c'est certainement le meilleur système, car la gravité est la force la plus constante que l'on connaisse.

2. Dans d'autres horloges, il y a un ressort, chez Froment par exemple. Le ressort est d'abord tendu par un électro-aimant et ensuite il se détend pour donner une chiquenaude au balancier. Cette construction est plus critiquable parce qu'un ressort est sensible à toutes sortes d'influences, il vieillit, il est sensible à la dilatation, etc., donc ce système est moins constant.

3. Dans les toutes premières horloges, c'est une impulsion donnée directement par l'électro-aimant, l'armature de l'électro-aimant bouge et va taper le balancier.

Le stéréotype de l'horloge à impulsion mécanique donnée sur le balancier, c'est l'anglaise Synchronome qui a été fabriquée de 1900 à 1950 avec seulement quelques modifications constructives mais sans modifications de principe.

La Synchronome, une horloge-mère complète avec une seule

roue: On peut voir le bras de gravité portant une petite roulette. De temps en temps, ce bras tombe sur le plan incliné qui est fixé au balancier. En tombant, il exerce une force latérale et repousse le balancier. Chaque fois que le balancier fait une oscillation, avec un petit cliquet il tire sur la roue qui porte une goupille qui va libérer le bras toutes les trente secondes. En tombant, le bras ferme le contact et l'électro-aimant le remet en place. En plus, la même impulsion qui remet le bras en place est utilisée pour faire avancer une horloge secondaire qui tient lieu de cadran, qui peut être couplée en série avec tout un réseau.

C'est une des horloges les plus simples qui existe avec un résultat chronométrique extraordinaire. Les anglo-saxons sont des gens pragmatiques: relativement bon marché à construire, ce système marche de façon optimale. A côté de ces horloges, on trouve des horloges suisses à remontage électrique d'une qualité inouïe: toutes les pièces sont polies, nickelées, tous les pignons durcis, trempés, mais elles sont d'une complication invraisemblable. Et en fin de compte, le résultat est le même: un cadran qui vous donne l'heure! Les pignons trempés c'est magnifique, mais sans pignon c'est encore mieux...

C'est cette même horloge qui est à la base de la fameuse horloge de Shortt.



Mouvement de l'horloge
"Synchronome"

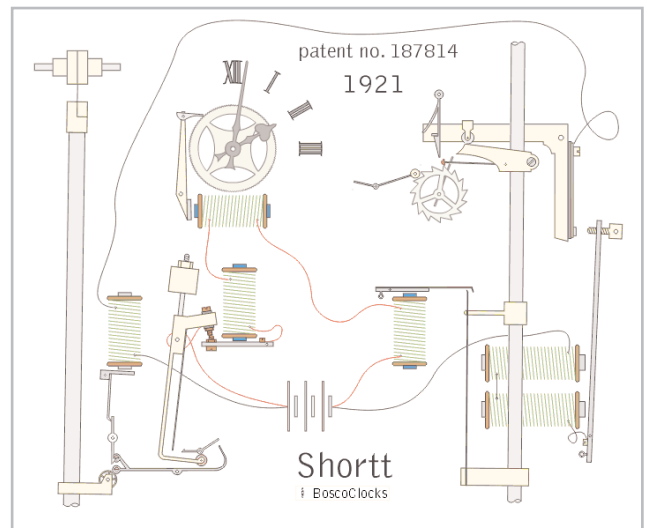


Schéma horloge de Shortt

L'horloge de Shortt: Basée sur la Synchronome, il s'agit en fait d'un ensemble de deux horloges. Une que Shortt appelle l'horloge-mère et l'autre qu'il appelle l'horloge-esclave. Cette dernière (à droite sur l'image) est une horloge Synchronome avec un système de contact supplémentaire. Quant à l'horloge-mère placée dans un tube à vide, elle ne porte aucun contact, et ne subit pas d'autre influence qu'une impulsion toutes les trente secondes. Ainsi, vous avez un système dans lequel un balancier quasiment libre, le plus libre de tous les balanciers mécaniques jamais conçus, qui est le garde-temps, et une horloge-esclave qui porte tous les contacts et subit toutes les interférences, mais qui n'a pas la fonction de garde-temps, car elle est synchronisée par la mère.

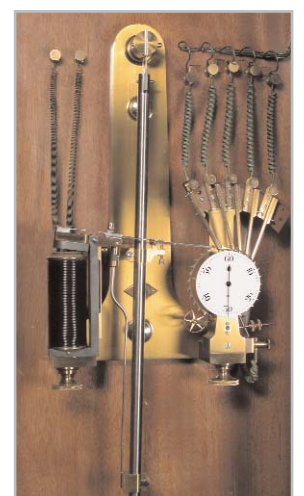
L'horloge de Campiche: Cette illustration présente une horloge de construction analogue due à Campiche. Cet horloger a travaillé autour de 1890 à 1920 à Genève, un peu au Caire et également à Nancy. On retrouve le principe de la chiquenaude, l'électro-aimant porte un bras souple qui, quand le balancier arrive sur la gauche, va lui donner un coup pour le pousser vers la droite, toutes les trente secondes ou toutes les minutes selon le modèle. Il n'y a qu'une seule roue entraînée par un cliquet, qui porte le contact de l'électro-aimant, le contact des horloges secondaires et une aiguille des secondes. Une horloge secondaire tient lieu de cadran.

Le détail montre cinq contacts : quatre, pour quatre lignes d'horloges secondaires, et un, pour la marche. Il s'agit de très belles horloges, très rares et très recherchées.

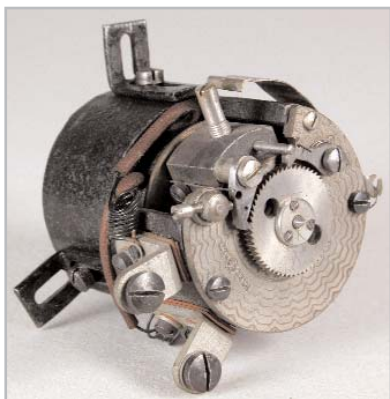
Voilà pour les principes des horloges-mères et indépendantes.



Horloge de Campiche



HORLOGES SECONDAIRES



David Perret

A un certain moment de l'histoire, ces horloges ont été appelées horloges réceptrices, et c'est une meilleure dénomination, car ce sont vraiment des réceptrices. Instruments qui reçoivent une impulsion, en fait véritables compteurs, ils comptent les impulsions et présentent le décompte sous forme d'un cadran avec des aiguilles. Il existe de nombreuses constructions mais toutes sont basées sur l'électro-aimant. Pour rappel, l'électro-aimant date de 1825 et est le préalable indispensable à l'invention de l'horloge électrique. L'armature d'un électro-aimant peut être oscillante ou tournante. Il existe deux types d'horloges secondaires: celles dites polarisées et d'autres dites non polarisées.



Siemens

Les horloges polarisées se trouvent généralement en France, en Allemagne et en Suisse, les non polarisées plutôt en Grande-Bretagne. Les polarisées ont un système compliqué. A chaque impulsion, par exemple à chaque minute, le sens du courant change, donc une fois c'est +/- et la fois suivante c'est -/+. L'avantage de ce système est la sécurité: si vous avez un mauvais contact, un contact qui danse, mettons qui tape deux, trois fois, si c'est polarisé la première fois ça fait avancer les aiguilles, la fois suivante ça ne fait rien parce que jusqu'à la prochaine minute la polarisation ne s'est pas encore faite dans l'horloge-mère.

Le système non polarisé des Anglais, toujours pragmatiques, fonctionnait très bien. Mais en théorie, c'est un peu dangereux parce que si le contact est mauvais, l'aiguille peut sauter de deux, trois minutes à la fois, mais avec un contact bien établi cela ne se produit pas. Et cette construction est de nouveau beaucoup plus simple, surtout au niveau de l'horloge-mère. On a vu qu'on utilise dans la Synchronome sans aucune polarisation le courant qui passe à travers l'électro-aimant de remontage, c'est le même qui commande les horloges secondaires. Avec les horloges polarisées, il faut tout un système, appelé inverseur de courant.

Généralement, les horloges sautent par minute en Suisse et en Allemagne, par demi-minute en France, et en Angleterre, ou par seconde s'il s'agit d'horloges de grande précision, telles qu'utilisées dans les fabriques d'horlogerie pour le réglage.

Une des premières horloges secondaires de David Perret (19ème siècle): Celle-ci n'est pas encore polarisée, elle possède une armature oscillante et deux cliquets (un des cliquets pousse

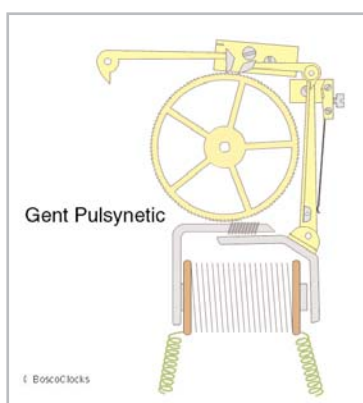


Schéma horloge Gent Pulsynetic

la roue et l'autre l'empêche de reculer), A chaque impulsion, l'électro-aimant oscille, ce qui avance d'un cran la roue des minutes.

Horloge de Siemens: Cette horloge possède une armature tournante à trois bras, chaque impulsion correspond à un tiers de tour soit une minute.

Horloge anglaise non polarisée (Gent Pulsynetic):

Schéma : quand l'armature de l'électro-aimant est attirée par la bobine, elle fait reculer légèrement le bras qui prend une dent et pousse la roue d'une minute, alors que l'autre cliquet la retient pour éviter un recul.

Horloge allemande (T&N): Horloge à double face, donc il y a deux rouages de minuterie avec une armature rotative qui est au milieu.

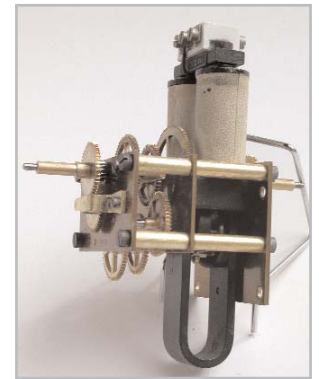
Horloge de Wagner: Le même principe se retrouve sur cette horloge dont le courant est polarisé. Le même dispositif a été utilisé par plusieurs marques.

Horloge de clocher, (Campiche, 19ème siècle): On a utilisé ce système pour des petits cadrans comme pour de très grands cadrans. Mais l'horloge de Campiche n'est pas encore polarisée, car on est tout au début. Basé sur un mouvement de minuterie traditionnelle, le même que l'on utilisait au bout des tringles quand il y avait un mouvement mécanique, il y a sur une platine, à l'arrière, le dispositif de commande électrique.

L'inverseur de polarité: Pour polariser le courant, il faut que l'horloge-mère ait un dispositif qui change le sens du courant chaque fois. Le schéma montre ce dispositif qui est commandé par une came qui va presser une fois d'un côté pour faire passer le courant dans un sens et une fois de l'autre côté pour le faire passer dans l'autre sens. C'est un dispositif relativement complexe qui, en raison de l'interférence sur le mouvement, nuit à la précision car tout ce mouvement est entraîné par l'encliquetage du rouage de minuterie et agit en réaction sur la précision du balancier.

HORLOGES SYNCHRONES

Les horloges synchrones ne sont en fait pas des horloges, même si elles donnent l'heure, ce sont aussi en quelque sorte des réceptrices, et on pourrait les appeler des compteurs de fréquence. Les horloges secondaires étaient des compteurs d'impulsion, ici il s'agit de compteurs qui comptent la fréquence du



Horloge T&N

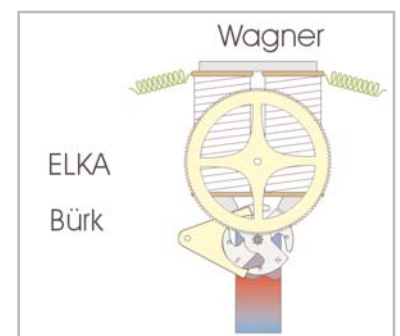
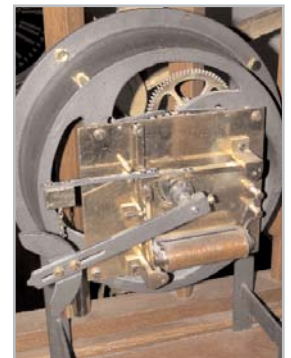
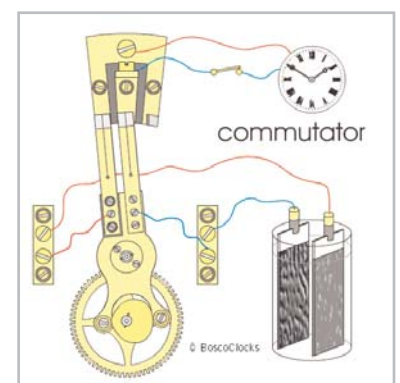


Schéma horloge Wagner



Mouvement horloge de clocher



Inverseur de polarité

courant alternatif du réseau. Ce sont des moteurs qui ont une vitesse absolument fixe déterminée par la fréquence du courant de 50Hz en Europe ou de 60Hz aux USA. Ce qui explique qu'une horloge américaine ne marche pas en Europe et vice versa. Ceci implique aussi que le courant doit avoir une fréquence absolument régulière. C'est le cas aujourd'hui où la fréquence est commandée par l'heure atomique ce qui est une nécessité pour l'interconnexion des réseaux. Ça n'a pas toujours été le cas. L'horloge synchrone a été inventée relativement tôt, vers 1916, mais elle n'a pas pu s'implanter très vite car pendant longtemps le courant électrique n'avait pas une fréquence suffisamment stable. C'est après la guerre que l'on a commencé à la régler de façon très précise. Aujourd'hui, tout est interconnecté, tout est à l'heure atomique mais dans le temps chaque usine électrique avait un dispositif fait d'une horloge mécanique (une horloge à balancier), qui était la référence de temps, associée à une horloge synchrone qui elle donnait l'heure dictée par les alternateurs. On avait deux cadrans, un avec une aiguille qui montrait les +/- ou deux cadrans de secondes qui montraient les écarts. Quand il y avait trop d'écart entre les deux aiguilles, on accélérât ou on ralentissait un peu l'alternateur de façon à le maintenir en phase avec l'horloge de référence. Maintenant, tout se fait automatiquement.

Un des premiers exemples d'horloge synchrone ayant fonctionné de façon satisfaisante provient de Tchécoslovaquie: la Laplace de Michl.

On a fabriqué toute sorte d'horloges synchrones car un des avantages de ces horloges est qu'elles sont très petites et que l'on peut cacher le moteur.

LA SIGNALISATION ACOUSTIQUE

Jusqu'ici, on a seulement abordé la signalisation visuelle, mais une signalisation sonore, pour les écoles ou les usines, pour sonner les récréations ou le début du travail, a souvent été associée aux horloges électriques. Elle se fait généralement à l'aide d'un disque de 24 heures sur lequel on place des cavaliers qui provoquent les contacts de sonnerie, le plus souvent réglables de 5 en 5 minutes.

La sonnerie des heures au passage est rare en horlogerie électrique. Un des modèles comportant un système de sonnerie est l'horloge ATO, qui repose sur trois principes différents : un marteau électromagnétique, un décompte par râteau et limaçon et un contact donné par l'oscillation du balancier.

CONSTRUCTIONS ANECDOTIQUES

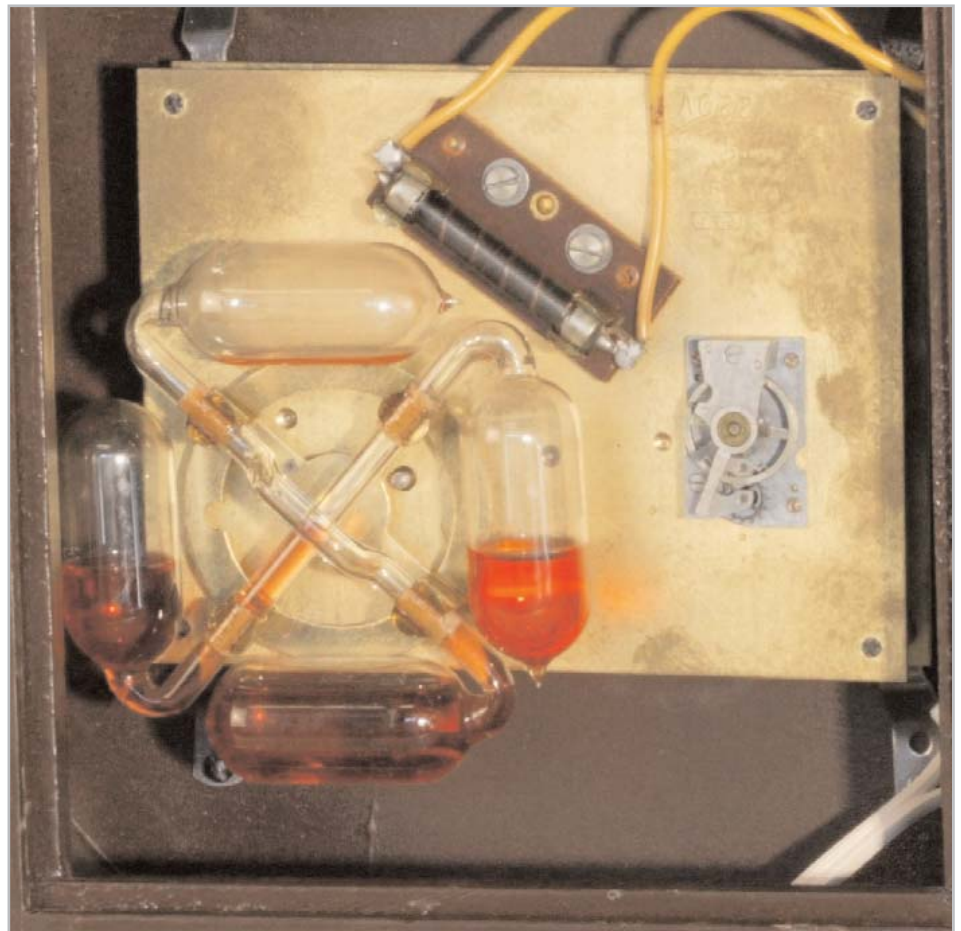
Pour terminer, j'évoquerai quelques curiosités :

1. Une horloge à remontage thermique dont les petits vases sont reliés deux par deux, une chaufferette fait chauffer l'alcool qui en montant va faire basculer l'appareil et remonter un ressort.

2. L'horloge CFF avec sa fameuse aiguille des secondes qui fait un tour en un peu moins d'une minute. En fait, il s'agit de deux horloges construites selon des principes complètement différents. Les heures et les minutes sont une horloge secondaire ordi-

naire et, co-axialement, il y a une horloge synchrone qui indique les secondes. Ce système permet d'avoir les secondes sur l'horloge secondaire avec une horloge-mère qui n'a pas les secondes et qui est infiniment meilleure marché et plus fiable. Ainsi, les CFF ont pu installer des cadrans avec des secondes dans des gares qui n'étaient pas équipées d'horloges-mères à seconde.

3. Un autre système thermique fonctionne non pas avec de l'alcool, mais avec de l'air chauffé par une sorte de lampe qui, une fois propulsé dans un piston, remonte un ressort.



Moteur à alcool