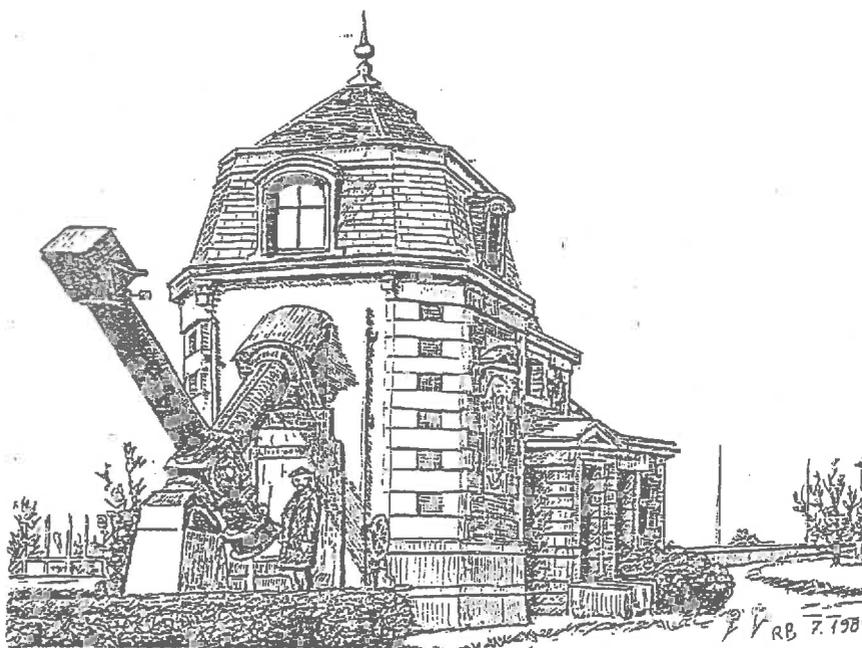


Société de L'astronomie de Lyon



No 32 -1992

Compte rendu de l'Assemblée Générale

L'assemblée générale de la SAL s'est tenue le 11/1/92 à la Médiathèque de St Genis Laval avant la conférence de M^eBergeat.

Le compte rendu d'activités de la Société a été présenté par M^e Sogno président en exercice de la SAL et le rapport financier par M^e Beaudoin trésorier.

Rapport moral

Les conférences de la saison 90/91 au nombre de six ont eu lieu à la médiathèque de St Genis Laval comme celles de cette année et celles de l'avenir puisque la salle du Palais du Commerce a été transformée en bureaux depuis plus d'un an.

Nous avons peur d'avoir moins d'auditeurs à St Genis laval du fait de l'éloignement, mais si certaines personnes ne sont pas venues jusqu'à St Genis, d'autres habitant St Genis ont assisté aux conférences ce qui a pratiquement rétabli l'équilibre. En effet le nombre d'auditeurs est environ le même que lorsque les conférences avaient lieu à Lyon.

En plus des conférences habituelles M^e Garnier ingénieur au CNRS a continué à faire des exposés le Vendredi à 20^h à la Médiathèque. Nous profitons de cette occasion pour le remercier une fois de plus ainsi que tous les conférenciers qui permettent à notre société d'assurer une de ses principales activités.

Le voyage annuel (Ou presque puisque certaines années nous n'avons pas pu l'organiser) avait pour but la visite de l'Observatoire de Paris le 1^{er} Juin. Une trentaine de personnes y ont pris part et en sont revenues enchantées.

L'Observatoire de Paris est un véritable musée avec beaucoup d'instruments anciens que l'on admire avec respect.

Nous avons pu aussi admirer le panorama depuis la terrasse de l'Observatoire car nous avons eu la chance d'avoir un temps magnifique. La visite, très détaillée, a duré trois heures.

La SAL avait été invitée à participer activement à la journée portes ouvertes organisée par l'Observatoire de Lyon le 14 Septembre. Il a fait très beau et un public nombreux est venu rendre visite à nos instruments et à l'atelier de taille de miroirs qui connaît lui aussi un gros succès puisque déjà une vingtaine de miroirs ont été réalisés ou sont en cours de réalisation.

Nous n'avons pas pu directement participer à la "Nuit des Étoiles Filantes" organisée par Antenne 2 et Hubert Reeves le 12 Août car à cette époque de vacances personne n'était disponible à l'Observatoire. Cependant la SAL a été représentée, non à Lyon mais à Nice, par David Vernet qui était allé assurer une animation à cette occasion avec plusieurs instruments. Ainsi il a pu parler à la Télévision de notre société.

Le Camp d'Été s'est déroulé du 19 au 26 Aout à Grandris dans une ambiance toujours très amicale et aussi studieuse. La période (La seule dont nous pouvions disposer cette année) n'était pas favorable du fait de la présence de la Lune qui a gêné considérablement les observations, mais malheureusement nous n'avons pas pu faire autrement.

Le 10 Octobre a eut lieu la première "Nuit du Cosmos" organisée par la S^{ci} Astronomique de France et Europe 1. Le public était invité à venir à l'Observatoire de 18 à 22^h. Toute une collection d'instruments d'amateurs et de professionnels attendait la foule. Et la foule est venue ! Non seulement de Lyon mais de la Saône & Loire, de la Loire, de l'Ain etc..

Ce fut un énorme succès. Nous avons évalué, très approximativement, le nombre des visiteurs à 2000. Mais hélas il n'a pas fait beau. Seulement pendant une demi heure au crépuscule.

Espérons que cette année nous aurons plus de chance, car il y aura une autre "Nuit du Cosmos" en 1992, le 3 Octobre.

Pour terminer nous exprimons l'espoir que toutes ces activités ont satisfait les membres de notre société qui y ont participé et nous les assurons que nous ferons notre possible pour que la "Saison" 91/92 soit une réussite.

Cependant beaucoup de nos activités sont tributaires du temps. Nous souhaitons naturellement tous qu'il nous soit favorable en 1992 tout au moins pour les manifestations en plein air et pour les observations.

Rapport financier

Bilan au 1/10/91

Avoir au 1/10/91 : 56138.43

Recettes : 68157.87

Dépenses : 45315.12

Membres cotisants	128
Démissions	78
Nouveaux membres	38

Les chiffres concernant les membres cotisants sont au 1/10/91. Depuis cette date nous avons reçu l'adhésion d'une vingtaine de nouveaux membres supplémentaires.

Conseil d'Administration

Après le rapport moral et le rapport financier il a été proposé aux membres présents les candidats pour le renouvellement du conseil d'administration dont voici la liste :

M^{me} Lunel

M^{rs} Beaudoin, Bergeat, Blanchard, Cicéron, D'Aubigny, Dubet, Dumont, Ferrand, Garnier, Guillaoux, Gravina, Joie, Marteau, Paturel, Prud'homme, Ribes, Sogno, Sondaz, Vernet.

Cette liste a été acceptée à l'unanimité par les participants à l'Assemblée Générale.

Afin de constituer le bureau le nouveau conseil s'est réuni le 15/2. Le nouveau bureau est ainsi composé :

Président d'Honneur

M^r Jean-Claude Ribes

Directeur de l'Observatoire de Lyon

Président

M^r Paul Sogno

Vice Présidents

M^r Thierry Dumont

M^r Robert Prud'homme

Secrétaire général

M^r Albert Cicéron

Secrétaire adjoint

M^r Claude Ferrand

Trésorier

M^r Claude Beaudoin

Trésorier adjoint

M^r Robert Joie

Bibliothécaire

M^r Robert Prud'homme

Une brève Histoire de la mesure du Temps

La Notion de Temps :

Depuis la plus haute antiquité l'homme a remarqué l'alternance des jours et des nuits qui rythmaient déjà, il y a plusieurs millions d'années, ses périodes de repos, de veille, de chasse.

Le cycle des jours était remarquable par le passage du Soleil de l'horizon Est à l'horizon Ouest. Le revoir surgir le matin toujours du même côté sans que l'on ne l'ait vu revenir en arrière, frappait les imaginations. (Une légende Africaine dit qu'il revenait la nuit, caché derrière un nuage !).

Le cycle de la Lune avec ses différents aspects au cours d'un mois à lui aussi très tôt frappé les esprits et très vite, dès que l'homme devient Sapiens, donc pensant, il apprend à compter les lunaisons donc les mois.

Sous les basses latitudes les écarts de durée du jour (Donc de la clarté), entre l'Été et l'Hiver sont faibles et peuvent passer inaperçues. En effet, compte tenu du crépuscule civil, la durée totale du "Jour" varie au maximum de 5 minutes à l'Équateur et de 2 h 50 min sous les Tropiques.

Les variations climatiques étant de plus presque inexistantes dans les régions insulaires, certaines peuplades du Pacifique n'avaient qu'une vague idée de l'année et ne comptaient que par mois. Arrivé sous les Tropiques la notion d'année se fait plus précise, étant alors jalonnée par les saisons des pluies ou Moussons.

A l'inverse les peuples du Nord, Scandinavie, Alaska, avaient déjà une notion beaucoup plus précise de la durée de l'année et de l'alternance des saisons. Par contre, dès que l'on arrive vers la Baltique, le Nord de la Sibérie ou du Canada, la division du jour commence à poser des problèmes, l'été il faut repérer la position du Soleil par rapport à des jalons sur l'horizon, car même si le Soleil se couche il ne fait jamais nuit, par contre l'hiver c'est la nuit qui domine (A Stockholm la lumière dure moins de six heures, à Mourmansk la nuit dure plusieurs mois) et seule la position des étoiles permet de repérer à quel moment de la journée on se trouve.

Sous nos latitudes (45°) les écarts été/hiver de la durée du jour, et les variations de hauteur du Soleil sont assez importants. Compte tenu du crépuscule civil nous obtenons une durée du jour (Partie éclairée de la journée) de 17 heures en été, de 8h 50 minutes le 21 Décembre, la hauteur du Soleil à midi variant de 68°30' le 21 Juin à 21°30' le 21 Décembre.

La succession annuelle de ces écarts (Variations du simple au double) et celle conséquente des saisons, amène assez vite les peuples des latitudes moyennes, disons au delà de 30° de latitude (Bassin Méditerranéen, Proche Orient, Chine...) à déterminer avec une bonne exactitude la durée de l'année soit en lunaisons soit en jours.

Les Egyptiens, par exemple, plus de 3000 ans avant notre ère, avaient, en notant les positions du lever et du coucher de Sirius par rapport à ceux du Soleil (Lever et coucher héliaques) déterminé une durée de l'année de 365 jours. Au 4^e Siècle avant J.C. Eudoxe avait signalé que le lever héliaque de Sirius se reproduisait identiquement, au même point de l'horizon après 4 levers héliaques représentant un total de 1461 jours, ce qui donnait une durée de l'année égale à :

$$1461/4 = 365 \text{ jours } 1/4$$

Au 24^e Siècle avant J.C. les Chinois avaient, de leur côté, déterminé leur année égale à 365 jours 1/4. Leur calendrier utilisait un cycle très complexe s'étendant sur 60 années.

Quant à la division de la journée, elle évolua assez lentement et pour beaucoup de peuples il y eut longtemps : "Tôt le matin" (Lever du Soleil), "La Matinée", "Midi" (le Soleil est au plus haut), "l'après Midi", "le Soir" (le Soleil se couche).

En fait les peuples nomades ou agriculteurs étaient peu intéressés de savoir à quel moment précis de la journée ils se trouvaient, l'important étant qu'il fasse jour pour pouvoir travailler, chasser, déplacer le troupeau.

Par contre, dans nos pays Européens, le développement de la vie citadine et des métiers sédentaires qui en découlent, ainsi que, à partir du moyen âge, le besoin de prières à heures fixes imposé par le christianisme, rendit de plus en plus nécessaire une division plus précise de la journée et de la mesure du temps.

Cela explique aussi que la Chine, qui est restée un pays essentiellement agricole jusqu'au début du XX^e Siècle, ne connut pas d'industrie horlogère, ni même d'artisanat correspondant, bien que pour d'autres disciplines elle ait eu plusieurs siècles d'avance sur l'Europe. De même pour les pays du moyen Orient restés longtemps essentiellement nomades.

A signaler que chez beaucoup de peuples, et en particulier chez les Gaulois et les Germains, le décompte des journées se faisait à partir de la tombée de la nuit.

Un autre usage issu des origines nomades, puis agricoles de l'homme, fait que lorsqu'il commença à vouloir diviser la journée il le fit avec un nombre fixe de périodes entre le lever et le coucher du Soleil. Le nombre de ces périodes étant fixe leur longueur variait, dans nos pays, du simple au double entre l'hiver et l'été.

Suivant la saison il y avait des heures longues et des heures courtes si bien que jusqu'au 14^e Siècle, surtout en Allemagne, certaines cités utilisaient encore ces heures variables qui nécessitaient un dérèglement continu des horloges pour les accorder avec la durée du jour. Il est vrai que, à cette époque, leur marche était si irrégulière qu'il était indispensable de les remettre souvent à l'heure et c'est un cadran solaire qui servait, à cette époque de garde temps témoin.

Les premiers instruments d'horlogerie

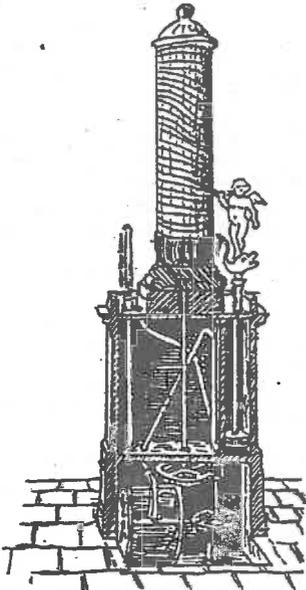
Les Gnomons. Ce sont en fait les ancêtres des cadrans solaires, ils semblent avoir été imaginés par les Chinois ou les Chaldéens 30 Siècles avant J.C. Ils étaient simplement constitués par un objet vertical, bâton, colonne de pierre ou même personnage debout se plaçant en un endroit précis. La longueur de l'ombre permettait d'apprécier quel moment de la journée passait et de déterminer aussi le milieu du jour (l'ombre la plus courte).

Les Clepsydras ou horloges à eau. Elles apparaissent vers 1500 av J.C. en Egypte, peut-être un peu plus tôt en Chine, puis arrivèrent en Grèce où elles servaient, lors des joutes oratoires, à régler les temps de parole des divers orateurs.

Les premières Clepsydras étaient des réservoirs remplis d'eau. L'eau s'écoulait par un trou calibré et le niveau de l'eau dans le réservoir, ou dans le récipient qui la recevait, donnait la mesure du temps écoulé.

Ces appareils font leur apparition à Rome puis en Gaule vers le 3^e Siècle av J.C.

Leur principal avantage était de pouvoir mesurer des intervalles de temps, ou de situer les instants de la journée, même en l'absence du Soleil, et en outre ils donnaient la possibilité de mesurer des espaces de temps courts ce que permettait difficilement le cadran solaire. Dans ce but Galilée utilisera une clepsydre pour mesurer des intervalles de temps réduits dans certaines de ses expériences, mais la mesure de ces écarts de temps se faisait par pesée de l'eau recueillie, la mesure du niveau étant par trop imprécise.



La Clepsydre de Ctésibius

Très vite d'astucieux artisans ou artistes pensent à utiliser le poids de l'eau recueillie pour actionner des mécanismes divers où des cadrans indiquant l'heure, ceci au moyen de cordes et de poulies.

Plus tard, vers le 2e Siècle av J.C., au moyen de roues à augets et d'engrenages rudimentaires, sans doute à picots comme ceux que l'on trouve encore dans les vieux moulins à vent, se construisirent des machines complexes comme celle de Ctésibius décrite par Vitruve qui était graduée pour pouvoir donner des heures variables suivant les saisons. En fait il n'a été retrouvé que peu de traces de ces clepsydres mécaniques.

Nous en avons surtout retrouvé des descriptions enthousiastes, mais rien ne prouve que la plupart aient jamais fonctionné.

Les Cadrans solaires. Ils semblent apparaître vers le VIe Siècle av J.C. Le plus ancien document faisant mention d'un cadran solaire est un chapitre de la Bible citant le cadran d'Achaz et le situant vers -750.

Le mathématicien grec Anaximandre de Milet construisit, vers -550, une horloge solaire constituée d'une table de marbre sur laquelle était planté un style.

On a retrouvé des cadrans grecs et romains datants d'environ 300 ans av J.C. A Rome ils servaient d'horloge publique et les riches romains avaient, dit-on, un serviteur chargé d'aller voir l'heure au cadran publique et de la rapporter à leur maître !! Que devenait cette heure sur le chemin du retour si le serviteur s'arrêtait pour discuter un brin avec un ami ?

Les cadrans solaires ont continué d'être utilisés très longtemps après l'invention des horloges comme moyen de contrôle et de remise à l'heure des horloges publiques et des montres comme nous le trouvons noté dans un ouvrage du 19e Siècle. De nos jours ils servent surtout d'ornement.

Les Sabliers Ils apparaissent vers le IIIe Siècle av J.C. Il est probable que leur invention ait été faite sous nos latitudes, peut-être même dans le Nord de l'Europe, ceci pour deux raisons principales:

a) Le Soleil ne permet de lire l'heure que si le ciel est découvert, par temps couvert ou par brouillard plus d'ombre donc plus d'heure, le cadran solaire devient aveugle.

b) La Clepsydre permet de connaître l'heure ou de mesurer des intervalles de temps par temps couvert, mais lorsqu'il gèle l'écoulement est bloqué et l'appareil peut même être détruit par la glace si l'on a oublié de le vidanger de son eau.

Le sablier pallie à ces deux inconvénients. Il sera très utilisé jusqu'à la Renaissance, souvent sous forme de sabliers multiples. Quatre

sabliers mis côte à côte, par exemple, avec des quantités de sable ajustées en conséquence, et montés sur un même support, se vidaient le premier en 1/4 d'heure le second en 1/2 heure, le troisième en 3/4 d'heure le dernier en 1 heure. A la fin de l'heure le basculement du support de 180° faisait repartir l'ensemble pour une heure.

Le sablier continuera, jusqu'au début du 19e Siècle, à être utilisé dans la marine pour établir la durée des "quarts" ou heures de veilles.

De nos jours il ne sert plus que pour faire cuire les oeufs !!

L'Astrolabe Cet instrument apparaît vers le IIe Siècle av J.C., sa première réalisation serait due à Hipparque. L'astrolabe qui est une schématisation du mouvement du Soleil sur l'Écliptique, permet en un lieu donné de lire l'heure, dans la journée d'après la position du Soleil, la nuit d'après la position d'étoiles repérées sur son cadran mobile ou araignée que l'on règle en fonction de la latitude et du mois de l'année.

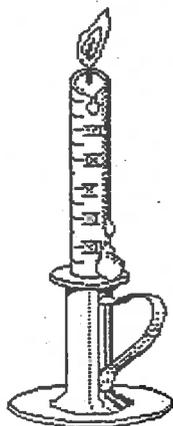
L'Astrolabe fut perfectionné par les Arabes et servit beaucoup aux marins du Bassin Méditerranéen. Du 13e au 18e Siècle il orna les cadrans de beaucoup d'horloges monumentales, d'horloges astronomiques (Strasbourg, Lyon), et de montres.

Autres moyens utilisés pour mesurer le Temps

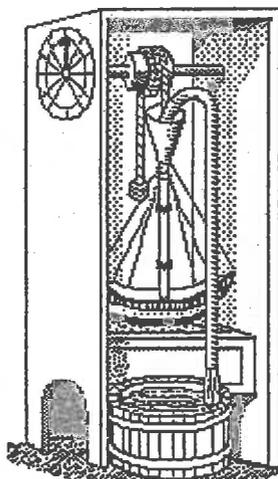
En Europe au Moyen-Age la toute puissance de l'Église impose une discipline rigoureuse pour le heures de prières, surtout dans les monastères et les couvents, ce qui fait apparaître, concurremment avec les clepsydras et les sabliers, d'autres moyens, plus ou moins rustiques de mesurer le temps.

Venus de Byzance, peut-être même de Chine où elles étaient, dit-on, en usage depuis longtemps, apparaissent ce que l'on pourrait appeler des horloges à combustion :

-Bâtons d'encens de longueurs calibrées pour brûler dans un temps précis.



**Chandelle graduée
(Moyen Age)**



**Horloge à eau de
Bronce Finé (16e S.)**

-Chandelles graduées. Il est rapporté, dans de vieilles chroniques Lyonnaises, que l'on vendait sur le marché de St Jean "des chandelles graduées hautes de 3 pieds pour avoir l'heure pendant 24 heures".

-Lampes à huile dont la contenance est réglée pour qu'elle s'éteigne au bout d'un temps déterminé, ou dont le réservoir en verre gradué permet de savoir depuis combien de temps elle brûle.

Un autre moyen utilisé dans les monastères était de faire réciter des psaumes par un moine. La longueur du texte réglait le temps devant s'écouler entre deux prières. Évidemment plusieurs récitants devaient se relayer au cours de la nuit.

Il est dit que, au 10e Siècle, le moine Gerber d'Aurillac, qui devint par la suite Pape sous le nom de Sylvestre II, appliqua l'utilisation d'un poids moteur pour actionner les horloges. Mais à quoi ressemblaient ces horloges? Étaient-ce un simple tambour muni d'une aiguille, entraîné par un poids pendu au bout d'une corde et freiné pour obtenir un mouvement à peu près régulier, ou une clepsydre entraînant un tambour, telle celle d'Oronce Finé, en fait il ne nous ait pratiquement rien parvenu de ces appareils et dans l'obscurantisme du Moyen-Age les descriptions restent assez floues.

L'Horloge à eau de SU-SONG

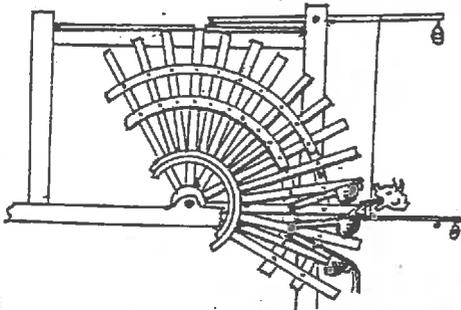
La réalisation la plus spectaculaire eut lieu en Chine et se situe vers l'an 1100. Avant cette époque il semble que plusieurs horloges astronomiques aient été réalisées mais rien ne nous en est parvenu.

Sur la demande de l'Empereur un certain Su-Song fut désigné pour concevoir, et construire, une horloge astronomique monumentale qui fut effectivement réalisée. Malheureusement du fait des guerres incessantes avec les Tartares venus du Nord, cette horloge ne fonctionna que quelques années. Les envahisseurs la déménagèrent, la remontèrent chez eux mais ne surent pas la remettre en marche. Finalement tout fut dispersé, mais une description très complète en a été retrouvée et a permis de la reconstituer.

Cet ensemble mesurait 12 mètres de haut et pesait plusieurs tonnes.

Une énorme roue à augets entraînait, par l'intermédiaire d'engrenages, une sphère armillaire et un globe céleste montés en équatorial.

Une série de roues horizontales superposées supportait des jacquemarts qui montraient, avec des écriteaux, les heures et les quarts.



Mécanisme de SU-SONG

La journée était divisée en 25 heures de 4 quarts ou K'O, un quart équivalait à 14 min. 25 sec. Le jour se divisait donc finalement en 100 K'O.

Fonctionnement: La grande roue est munie de godets basculants remplis d'eau par une clepsydre. Le basculement d'un godet plein actionne au passage un cliquet, libérant la grande roue qui tourne sous le poids de l'eau puis se trouve à nouveau bloquée par la retombée du cliquet.

Nous assistons là à une étape importante de l'évolution des gardes-temps, une évolution similaire se produira peu après en Europe avec les horloges mécaniques à poids.

I) Depuis la plus haute antiquité la notion de temps, et son repérage, est liée à des déplacements continus plus ou moins uniformes:

- Déplacement de l'ombre d'un style.
- Écoulement lent d'eau ou de sable.

- Combustion d'une chandelle où de l'huile d'une lampe...

-On s'adressait à des garde temps à mouvement analogique.

II) Avec l'horloge à eau de Su-Song, pour mieux régulariser la mesure du temps, l'écoulement continu de l'eau est transmis à la roue par paquets de temps brefs (Un Godet plein..)au mouvement de l'horloge, dans les intervalles de repos le mouvement se recharge en énergie (Remplissage du godet suivant). Su-Song à, sans le savoir, créé la première machine à commande digitale; il à numérisé le mouvement.

L'Horlogerie Mécanique.

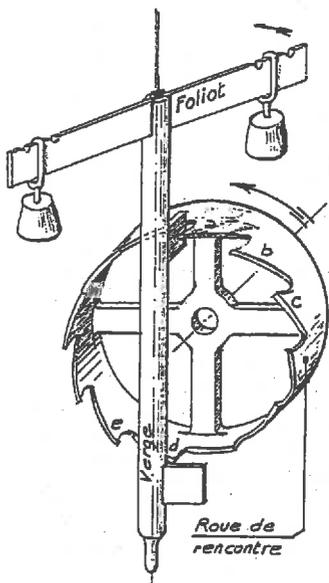
Vers 1250 apparaissent les premières horloges monumentales installées dans des beffrois ou des clochers d'Eglises.

Elles sont munies d'un mécanisme nouveau : l'échappement à roue de rencontre.

Un, ou des, inventeurs de cette époque venaient d'imaginer le premier diviseur du temps entièrement mécanique, mais il est impossible de connaître le ou les auteurs de ce mécanisme astucieux qui fut certainement le fruit d'un travail collectif.

La force motrice fournie par les poids entraîne, par l'intermédiaire d'engrenages, une série d'axes dont l'un est muni d'une aiguille indiquant les heures. Le dernier axe porte la roue de rencontre qui tour à tour sera bloqués par une palette de la verge qui relancera celle-ci en sens inverse pour relancer le foliot (Voir le croquis).

Les poids placés sur les bras du foliot permettent de faire varier son inertie, donc la période de l'ensemble.



Echappement à roue de rencontre

Les premières horloges bâties sur ce principe étaient entièrement en fer, volumineuses et lourdes car faites de pièces forgées, façonnées au marteau et au burin et finies à la meule ou à la lime. Il apparaît que les premiers batisseurs d'horloges furent des forgerons et des armuriers.

Ces horloges revenaient très cher en heures d'artisans de toutes sortes et en matériaux :

- Maçons, charpentiers pour aménager un beffroi, et éventuellement le renforcer.

- Forgerons pour les pièces mécaniques, les axes.

- Armuriers pour la découpe des roues, la division des dent, leur limage.

- Fondeurs pour les cloches.

Seules les villes riches ou les grands monastères pouvaient s'en commander une. Par exemple en l'an 1356.d'après les archives, la première horloge de Perpignan necessita, pour tous ces travaux, des dizaines d'artisans et 9 mois de travail.

Une fois l'horloge terminée et en fonctionnement il fallait que quelqu'un s'en occupe en permanence car toute cette mécanique fonctionnait à l'air libre, la poussière s'introduisait dans les pièces, les usant par abrasion, la rouille se mêlait d'arranger tout cela. De plus il fallait remonter les poids tous les jours et, en plus il fallait la remettre à l'heure, par rapport à un cadran solaire chaque fois que le soleil voulait bien se montrer.

En outre bien que d'une construction assez rustique, la qualité des matériaux de l'époque faisait qu'elles s'usaient très vite et, au début, ne duraient guère plus de dix ou vingt ans.

Mais peu importe, la grosse horloge permettait de savoir où on en était du jour comme de la nuit, par n'importe quel temps. Elle était visible de toute la ville, et ceux qui ne la voyaient pas du fond de leur rue trop étroite l'entendaient sonner.

Petit à petit, dans les villes, les commerces, les ateliers s'habituèrent à vivre au rythme de l'horloge et l'on prit l'habitude de partager la journée, de midi à midi, en 24 heures égales, ce que l'on appela le "Temps Vrai" mais qui était en réalité le temps du Soleil, donc variable au cours de l'année.

Mais comme l'habitude était toujours de comparer la marche de l'horloge au cadran solaire, et que de plus les écarts entre le temps moyen, que l'on connaîtra plus tard, de 1/4 d'heure en plus ou en moins répartis sur l'année étaient peu de choses en regard des écarts des horloges, de 1/2 heure à 1 heure par jour, on vivra sans trop se soucier de tout cela jusque vers le début du 16^e Siècle.

Les premières horloges monumentales furent érigées en Angleterre et en France, sur des cathédrales, à la fin du 13^e Siècle :

Cathédrales d'Exeter, de Canterbury, St Paul à Londres, Sens.

Leur nombre augmente vite au 14^e Siècle en même temps qu'elles se perfectionnent et que les sonneries de cloches se multiplient.

On en dénombre alors une douzaine en France, parmi lesquelles la première horloge astronomique de Strasbourg, celle de la Cathédrale St Jean à Lyon (1383 restaurée en 1570 et 1660), l'horloge à sonnerie de la tour du Palais de Justice de Paris (1370). On en compte 6 en Angleterre, 2 en Suisse et la plupart des pays d'Europe en ont au moins une.

Aux 15^e et 16^e Siècles leur nombre continue de croître et, de plus, l'habileté des artisans et la qualité des matériaux s'améliorant, dès le début du 15^e Siècle des horloges de même facture, mais de taille réduite, sont installées dans tous les pays d'Europe pour orner les châteaux, les monastères, les résidences bourgeoises.

Le savoir faire et l'habileté continuant de s'améliorer certaines de ces horloges deviennent de véritables oeuvres d'art, beaucoup plus belles que précises.

D'ailleurs de la précision, pour le moment, on en avait un besoin tout relatif. Comme on se fiait au Soleil pour la remise à l'heure chaque ville avait son heure propre. Même lorsque furent réalisées les premières montres de carrosse que l'on pouvait emmener en voyage, qu'il y ait une différence de 22 minutes entre l'heure de Strasbourg et celle de Paris passait complètement inaperçu car le voyage durant entre 2 et 3 jours si l'absence de Soleil n'avait pas permis la remise à l'heure pendant le voyage, l'horloge ou la montre avait varié, elle, d'au moins 2 heures en plus ou en moins.

Néanmoins petit à petit ces mécaniques se font plus précises, les progrès se devinent à l'aspect des cadrans. Longtemps les horloges n'auront qu'une aiguille et au mieux on pouvait estimer les quarts sur le cadran où bien souvent ils n'étaient même pas marqués. Ce n'est qu'au cours du 15^e Siècle que l'on verra apparaître une deuxième aiguille pour les minutes, et beaucoup plus tard une aiguille pour les secondes.

Les Montres et les Pendules

Les premières montres, ou "Horloges en petit volume", apparaissent au début du 16^e Siècle. C'est en effet à cette époque que des horlogers ont l'idée de remplacer les poids moteurs des horloges par un ressort enroulé en spirale permettant d'emmagasiner de l'énergie sous un faible volume.

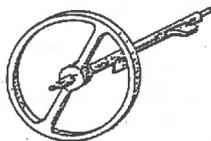
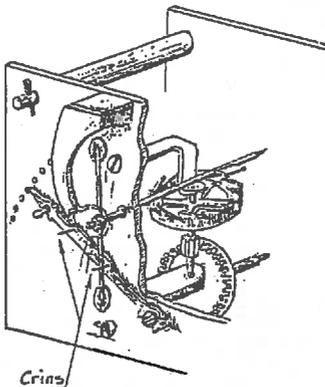
Les premières réalisations concernèrent de petites horloges à poser sur une table ou à pendre au mur comme décoration. L'habileté des artisans aidant ces horloges à ressort se miniaturisèrent de plus en plus et, principalement à Blois et à Nuremberg, il se fabriquait de petites horloges appelées oignons ou œufs. Les plus connues étaient les "Oeufs de Nuremberg".

À la fin du 16^e Siècle les principaux centres d'horlogerie furent Nuremberg, Blois, Lyon, puis Genève après la révocation de l'Edit de Nantes (1685) qui provoqua une immigration massive des protestants vers la Suisse et l'Allemagne.

Le ressort avait donné une certaine indépendance à la montre mais en contrepartie elle souffrait de graves défauts:

1^{er} défaut - La miniaturisation du foliot, qui doit en outre pouvoir fonctionner dans toutes les positions, conduit à remplacer les poids suspendus par des masselottes fixées sur les bras. Le réglage de l'inertie s'avère dès lors presque impossible.

Un compromis est alors trouvé, en fin de course un des bras du foliot vient heurter un crin souple, une soie de porc le plus souvent, monté sur un bras réglable et qui freins plus ou moins l'ensemble au moment de la rencontre.



Certains horlogers commencèrent aussi à remplacer le foliot à 2 bras et masselottes par un petit volant d'inertie.

2^e défaut - Le ressort moteur, en se détendant, perd de sa force et donc la fréquence des battements du foliot diminue d'autant plus vite que, d'une part l'échappement à roue de rencontre est gourmand en énergie et que d'autre part on ne savait pas encore réaliser des ressorts longs et minces comme ceux de nos montres ou réveils mécaniques d'aujourd'hui. À cette époque l'acier de ces ressorts était étiré au marteau sur une enclume puis égalisé à la lime.

Un premier compromis fut trouvé par les horlogers de Nuremberg, le "Stackfreed". Un doigt fixé au bout d'un gros ressort appuie sur l'extérieur d'une came solidaire d'un engrenage entraîné par l'arbre du moteur à ressort (Le barillet). Le profil de la came fait que, au début de l'entraînement, ressort bandé à fond, le déroulement est fortement freiné, puis le rayon de la came diminuant le freinage diminue libérant le ressort qui a perdu de sa force. Mais ce dispositif, outre qu'il était difficile à régler gaspillait encore plus une énergie précieuse qu'on avait accumulé dans le ressort.

Vers 1530, peut-être un peu plus tôt d'après certains documents, apparaît la "Fusée".

Le ressort est maintenant logé dans un tambour cylindrique. Une corde à boyau est enroulée sur ce tambour et fixée à l'autre extrémité sur un tambour fileté à section hyperbolique (Il devait être conique au début mais les mathématiciens montrèrent que la meilleure section était à profil hyperbolique) c'est la "Fusée".

Le remontage à lieu en faisant tourner la fusée. Le boyau s'enroule sur la fusée en se déroulant du tambour. L'axe de ce dernier sur lequel est attaché le ressort étant fixe, la rotation du tambour tend le ressort.

Au début de la détente du ressort celui ci tire sur le petit diamètre de la fusée transmettant un couple moteur diminué dans le rapport des deux diamètres, au fur et à mesure que le ressort se détend la traction se fait sur un diamètre de plus en plus grand de la fusée, le couple transmis par la fusée augmente donc compensant la diminution de force du ressort et le couple moteur reste ainsi sensiblement constant.

Le système à fusée va rapidement remplacer l'ancien système Stackfreed.

Vers 1650 le boyau, trop sensible aux variations d'humidité et de température, sera remplacé par une chaînette très semblable à nos chaînes de bicyclette mais miniaturisée.

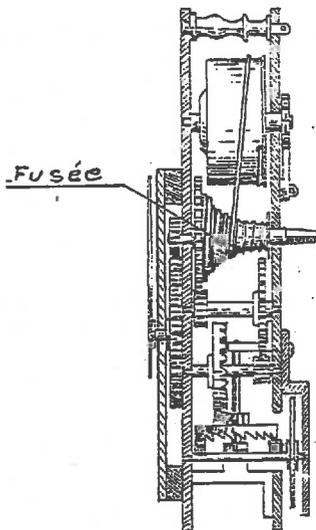
Le système de la fusée restera en usage sur les montres jusqu'au début du 19e Siècle et subsistera sur les chronomètres de marine jusqu'au début du 20e Siècle.

Il faut également noter que l'assemblage des différents éléments du boîtier, les platines, le cadran, était fait pour les montres comme pour les horloges, uniquement par goupillage ou clavetage. Ce n'est que vers 1550 que l'on verra apparaître les premiers assemblages par vis bien que, en 1510, Léonard de Vinci ait fait le dessin d'une machie à tailler les vis.

Curieusement le taillage des engrenages de montres restera longtemps approximatif alors que vers 1675 Roemer et La Hire s'étaient déjà penchés sur ce problème et avaient fait une théorie des engrenages très complète. Dans un ouvrage de 1849 on peut lire, à la suite d'une description très technique sur la façon de tracer le profil des dents: "Quoique les règles que nous venons d'exposer pour former les dents de rcues et celles des pignons ne puissent être mises en pratique que dans le cas où les dents auraient au moins un centimètre de largeur et un centimètre de longueur à partir du cercle primitif elles ne seront point inutiles aux artistes qui auront des dentures beaucoup plus fines à former parce qu'ayant sous les yeux la figure d'une grosse dent semblable à celles qu'ils doivent faire en petit, il leur sera plus aisé de l'imiter à la vue simple".

En fait, il existait déjà depuis le début du 19e Siècle des machines à "arrondir les dents" réalisant un profil de denture relativement correct Revenons-en au milieu du 17e Siècle. Nous arrivons à une période cruciale pour l'horlogerie.

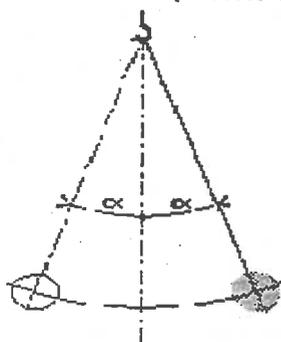
A cette époque, après beaucoup d'améliorations dans la qualité du travail et des matières premières (Laiton, acier pour les ressorts, ..) les



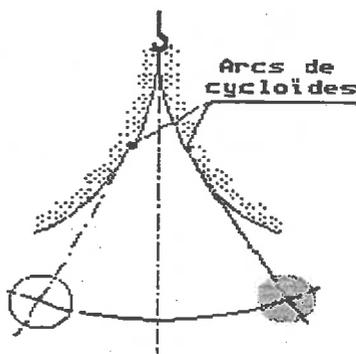
Mécanisme à Fusée

variations quotidiennes atteignent encore 10 à 15 minutes pour les horloges et plus d'une demie heure pour les montres.

Ces écarts sont dus au fait que le foliot n'a pas une période d'oscillation propre, c'est son inertie, donc la résistance qu'il oppose à la roue au moment de la rencontre, qui règle le temps de passage d'une dent à l'autre. Le moindre écart dans les frottements (Pivots, appuis des dents de la roue contre les palettes du foliot) fait varier ce temps.



Pendule libre
(Galilée)



Pendule cycloïdal
(Huygens)

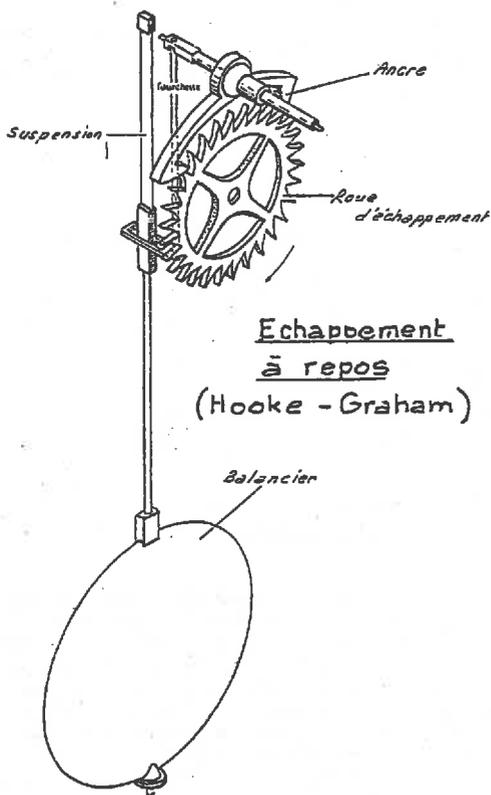
En fin 1656, début 1657 l'adaptation par Huygens d'un pendule pour régulariser les oscillations de la verge fait passer d'emblée la précision des horloges de 10 à 15 minutes par jour à 10 à 15 secondes seulement. Le pas franchi est énorme, c'est le progrès le plus sensationnel depuis 400 ans. Et pourtant à sa première réalisation Huygens va s'apercevoir que, contrairement à ce que pensait Galilée, les oscillations d'un pendule libre ne sont pas isochrones. Si on règle un pendule pour battre la seconde avec un arc de 2 degrés de part et d'autre de la verticale et qu'ensuite on porte cet angle à 12 degrés on verra que pour effectuer les 86400 oscillations nécessaires pour marquer 24 heures au cadran il mettra 24 heures plus 230 secondes soit un retard de près de 4 minutes. Comme les écarts croissent beaucoup plus vite que les angles les moindres variations de course pour un pendule battant d'un angle aussi grand entraîneront des erreurs.

Après quelques essais et pas mal de réflexions il s'aperçut que pour avoir un pendule isochrone il fallait ou bien le guider par des lames en arc de cycloïde, ou rester avec des oscillations de faible amplitude. En effet sur pendule libre, dont la longueur a été réglée pour battre la seconde avec un angle de 2 degrés, un écart de 1/4 de degrés sur la demie oscillation introduit un écart de 1.5 seconde par jour alors que si il a été réglé pour un angle de 12 degrés le même écart de 1/4 de degrés entraîne une erreur de marche de 10 secondes par jour.

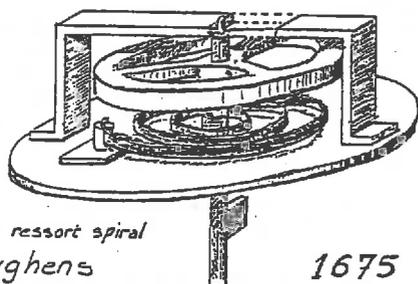
Huygens essaya de munir ses horloges de lames cycloïdales, mais il dut y renoncer tant la liaison entre le pendule et la verge entraînait de difficultés.

Une autre difficulté venait de l'échappement à roue de rencontre qui imposait pratiquement d'utiliser des demis arcs de plus de 20 degrés.

Diverses solutions furent essayées qui aboutirent vers 1671 à un échappement dit à ancre à recul mais le progrès décisif vint en 1715 avec l'échappement à ancre de l'anglais Graham, dit "échappement à repos", qui avait été imaginé mais non réalisé par Hooke.



Echappement
à repos
(Hooke - Graham)



Balancier a ressort spirale
de Huyghens

1675

Dans cet échappement l'ancre, entraînée par le pendule, arrête la roue d'échappement sans qu'il y ait de recul de celle-ci, pendant la plus grande partie du mouvement du balancier. Pendant l'arrêt un des bras de l'ancre frotte sur une dent de la roue. Au moment du lâcher, qui est très bref, le dos de cette dent donne à l'ancre une légère impulsion qui, communiquée au balancier par la fourchette, va entretenir son mouvement. L'angle d'oscillation du pendule n'est plus que de quelques degrés, on arrivera rapidement à moins de 1 degré.

Nous avons maintenant des garde-temps qui soigneusement montés et placés dans une cave à température constante varieront de seulement de 1/4 ou 1/2 seconde par jour.

Mais la montre, ne pouvant être équipée d'un pendule, à encore fait peu de progrès. En 1675 Huygens, en adaptant sur les montres un balancier à ressort spirale qui constitue un ensemble presque isochrone, fait faire un nouveau bond à la précision : les montres ne varient plus que de 5 minutes par jour en moyenne.

Pendant ce temps, comme nous l'avons noté plus haut, Roemer et La Hire publient des traités sur les engrenages et indiquent les meilleures formes à donner aux dentures (Épicycloïdes). Mais la division se fait encore au compas et la découpe des dents à la scie et à la lime. Vers 1700 apparaissent les premières machines mécaniques à "diviser et fendre les roues".

Au 16^e Siècle les axes des roues des montres tournaient dans de simples enfoncements des platines. Plus tard ceux ci furent remplacés par des trous percés dans les platines avec, au dos, des contre pivots en acier. En 1704 apparait en Angleterre la première utilisation de pierres (Rubis) comme

pivots ce qui permit de réduire les frottements au minimum.

Ces pierres seront assez vite adaptées, dans les montres de qualité, aux bras de l'ancre. A cette même époque les horlogers s'inquiètent de l'influence de la dilatation due aux écarts de température sur la fréquence des pendules et des balanciers et différents dispositifs compensateurs voient le jour :

- Association de métaux à coefficients de dilatation différents
- Godets contenant du mercure comme poids des balanciers

A cette même époque (1710, 1740) de nouvelles techniques de fabrication se développent en Angleterre dans les centres horlogers du Lancashire :

- Pignons fabriqués par étirage dans une filière
- Laminage du laiton pour faire les plaques. Jusque là il était martelé pour obtenir des plaques minces.

- En 1740 mise au point de l'acier au creuset pour la fabrication des limes et des ressorts. Le secret de fabrication jalousement gardé ne sera connu dans le reste de l'Europe que soixante ans plus tard.

Quelle est la bonne heure ?

La régularité des horloges est maintenant telle que se pose la question de l'heure à utiliser. Est-ce l'heure civile, c'est à dire celle donnée par le soleil et qui varie au cours de l'année; ou celle des horloges des observatoires que l'on sait régler avec précision d'après les étoiles et qui donne un temps uniforme toute l'année ?

Finalement c'est la deuxième, donc le temps moyen, qui l'emporte. Mais jusqu'au début du 19^e Siècle on trouvera des Montres à Équation dans lesquelles une came décale au cours de l'année soit le quadrant soit l'aiguille des minutes pour suivre l'équation du temps et donner ce que l'on appelle encore l'heure vraie.

Mais très vite, pour les usages courants, les gens n'utilisent plus que le temps moyen. des tables de conversion permettant de calculer l'heure civile si l'on en a besoin. Dès lors ce sont les cadrans solaires qui vont s'ajuster sur le temps moyen. Ils seront munis de la courbe qui donne les écarts entre temps civil et temps moyen au cours de l'année.

L'étape suivante sera la décision, d'abord en Angleterre puis en France et en Suisse, de n'avoir qu'une seule heure pour tout un pays, en principe l'heure du méridien de la capitale.

Les Chronomètres de Marine

Au début du 18^e Siècle les nations maritimes; Angleterre, France, Hollande essentiellement, lancent des concours avec offres importantes de récompenses pour qui découvrira un moyen de calculer la longitude à moins de 1 degré près, ce qui représente quand même un écart de 85 km à la latitude de l'Espagne et 111 km à l'Équateur (+ ou - 55 km).

Diverses solutions étaient à l'étude depuis de nombreuses années :

- Mesure de la position du Soleil le jour.
- Position de la Lune par rapport aux étoiles (Tables de l'Anglais Maskeline).

Mais de toute façon pour mener à bien ces calculs il fallait une connaissance précise de l'heure, donc du décalage horaire par rapport au point de départ. En 1675 Roemer, en calculant des éphémérides des satellites de Jupiter, qui auraient pu servir de base de contrôle une partie de l'année, découvrit ainsi la vitesse de la lumière. Huygens proposa d'emmener des horloges à pendule suspendues à cardan, comme les boussoles, mais cela s'avéra inutilisable, le pendule étant trop sensible aux balancements du navire même amortis par la suspension.

La montre, nous l'avons vu, avait fait beaucoup de progrès après Huygens mais n'avait pas encore une précision suffisante pour faire le point correctement. En effet pour une traversée aller et retour de l'Atlantique un voilier mettait environ 50 jours; faire le point à moins de 1 degré, donc à + ou - 1/2 degré, impose qu'à la fin du voyage retour le chronomètre ait varié au maximum de 2 minutes, même moins si l'on tient compte des erreurs dues à la mesure de position des étoiles ou du Soleil, à l'interpolation des tables de hauteur, à la réfraction etc..., l'erreur maximale tolérée est donc inférieure à 1 seconde par jour. A l'époque on était loin d'une telle précision, une montre anglaise de qualité gardait 1 heure à 1 ou 2 minutes près par jour.

Les horlogers Anglais puis Français se lancèrent dans la compétition, apportant chacun divers perfectionnements.

Le premier garde temps de l'Anglais Harisson, en 1761, pesait 33 kg et mesurait 90 cm dans sa plus grande dimension, une partie de ses roues étaient en bois dans le but d'éviter l'oxydation et la lubrification. Des prototypes en prototypes (il en réalisera cinq en tout) la taille diminuait même temps que la précision s'améliorait. Le numéro 4 qui remplissait les conditions requises par le concours ne mesurait plus que 13 cm de diamètre. Après un périple de cinq mois en mer il n'avait pris que 15 sec de retard soit en moyenne 0.1 sec par jour. C'était en 1764.

L'année suivante l'horloger français Pierre Le Roy (1715-1785) réalisa un chronomètre transportable qui reçut en 1769 le prix de l'Académie Française des Sciences.

De cette course internationale à la précision sortirent de nouveaux systèmes d'échappement (Earnshaw, Arnold en Angleterre, Le Roy, Berthoud en France), dits "échappements à détente" dont le but final reste le même sous différentes formes: Limiter au minimum le temps de contact entre le balancier régulateur et la roue d'échappement pour perturber le moins possible la période du balancier à spirale.

Ces dispositifs peu sensibles aux balancements du navire craignent par contre les chocs, ce qui fait qu'on ne les trouve pas sur les montres de poche.

La recherche de précision sur ces chronomètres entraîna d'autres progrès, en particulier dans la compensation des écarts dus aux dilatations (balanciers bi-métalliques), l'amélioration du frottement dans les pivots (étude de la lubrification)...

Développement de l'Industrie Horlogère

Dès le 17^e Siècle une industrie horlogère s'installe en Suisse, mais jusqu'à la fin du 18^e Siècle les horlogers Anglais restent les plus productifs surtout en montres de qualité. Puis petit à petit la fabrication industrielle commence à se développer et dès la fin du 18^e les usines Suisses exportent déjà en plus grandes quantités des mouvements qui seront montés dans des boîtiers en France ou en Angleterre.

Déjà vers la fin du 17^e Siècle commence la spécialisation, certains ouvriers de Genève ou de Savoie ne fabriquent qu'un seul type de pièces qui seront ajustées avec d'autres, fabriquées ailleurs, au moment du montage du mouvement. Au 19^e Siècle les Suisses dominent le marché Européen mais aux États-Unis commence à se développer une industrie horlogère de masse qui, avec le développement simultané de machines outils plus performantes, atteint son apogée à la fin du 19^e siècle et inquiète sérieusement l'industrie Suisse, mais finalement ces derniers restèrent en tête et produisent encore aujourd'hui plus du quart des mouvements mécaniques du monde.

La Révolution du Quartz

Depuis la période 1657 - 1715 (de Huygens à Graham) et jusqu'au début du 20^e Siècle, des progrès importants sont faits concernant la robustesse des montres, leur vulgarisation, la distribution de l'heure dans les villes ou pour les chemins de fer (Distribution par horloge mère de Wheaston). A la fin du 19^e Siècle des pendules à régulation électrique fonctionnant sous vide dans les caves des observatoires pouvaient garder le temps avec une précision de 1/1000^e de seconde par jour, mieux que les irrégularités de rotation de la Terre qu'elles mirent en évidence. Mais la précision ne progressait plus que lentement et semblait avoir atteint un palier.

A partir de 1930 l'extension des émetteurs de Radio impose l'utilisation d'oscillateurs à fréquence très stable et fait se développer la technique des oscillateurs à Quartz que l'on utilisera, vers 1939, comme garde temps. Un tel garde temps avait une précision de 2/1000^e de seconde par jour, mis dans des enceintes thermiques et muni d'un dispositif de contrôle de résonance en circuit fermé on atteint une précision de 1/100 000^e de seconde par jour soit 1 seconde en 275 ans !!

Trente ans plus tard la miniaturisation et les transistors permettent de réaliser, à des prix grand public, des montres bracelets à mouvement piloté par quartz d'une précision comparable à celle des chronomètres de marine que l'on fabriquait vers 1870, 100 ans plus tôt. Les dates marquantes avaient été :

- 1952 LIP présente sa première montre à pile.
- 1958 LIP reçoit le premier bulletin d'observatoire pour une montre électronique transistorisée.
- 1959 L'Américain BULOWA met sur le marché une montre à moteur diapason, l'ACCUTRON avec une fréquence pilote de 300Hz. La partie mécanique est réduite au minimum. La montre est garantie à vie à moins de 2 secondes d'écart par jour (1 minute par mois !).
- 1967 L'électronique apparaît vraiment en horlogerie.
- 1968 SEIKO dépose les premières montres bracelet à quartz à l'Observatoire de Neuchâtel.
- 1970 Premières montres PULSAR entièrement électroniques à affichage par diodes. Elles sont trop gourmandes en courant, les piles ne durent pas.
- 1970 SEIKO sort les premières montres à quartz à haute fréquence (16384 Hz = 2×10^4) et moteur pas à pas.
- 1971 Premières montres de RICOH et premières montres à cristaux liquides de SEIKO.

Depuis la lutte continue entre montres analogiques (à aiguilles) et montres numériques à cristaux liquides.

En 1983, pour lutter contre les montres numériques les Suisses ont lancé la SWATCH montre pilotée par quartz, fabriquée d'une façon presque entièrement automatique et de plus étanche.

Finalement en 30 ans (1952 - 1982) le quartz et l'électronique ont fait faire aux montres un bond de précision supérieur à ce qu'avait pu faire la mécanique en 250 ans (1715 - 1952).

Quant aux gardes temps d'observatoires avec les résonateurs à jet atomique de césium pilotant un quartz ils ont détronné les garde temps à pendule. La seconde est, depuis 1967, définie comme : « Egale à la durée de 9 162 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 »

Un garde temps à césium variera maintenant de moins d'une seconde en plusieurs milliers d'années.

Appel à nos lecteurs

Nous avons l'intention de publier dans notre bulletin des poèmes ayant un rapport avec l'Astronomie. Pour ce faire nous avons besoin de votre aide. Nous avons actuellement "en réserve" déjà quelques poésies mais nous aimerions en avoir un plus grand nombre. Si vous en connaissez, de n'importe quelle époque, de n'importe quel auteur, envoyez les nous au siège de la Société vous nous ferez un grand plaisir et nous espérons à notre tour faire plaisir à nos membres en les insérant dans notre bulletin. Merci d'avance.

Nous publions aujourd'hui pour débiter la très célèbre "Ballade à la Lune" d'Alfred de Musset. Tout le monde la connaît peut-être. Mais nous en publierons d'autres certainement beaucoup moins connues et très belles aussi.



Ballade à la Lune

C'était dans la nuit brune
Sur le clocher jauni
 La lune
Comme un point sur un i

Lune, quel esprit sombre
Promène au bout d'un fil,
 Dans l'ombre
Ta face et ton profil ?

Est-tu l'oeil du ciel borgne ?
Quel chérubin cafard
 Nous lorgne
Sous ton masque blafard ?

N'es-tu rien qu'une boule ?
Qu'un grand faucheur bien gras
 Qui roule
Sans pattes et sans bras ?

Es-tu, si t'en soupçonne,
Le vieux cadran de fer
 Qui sonne
L'heure aux damnés d'enfer ?

Sur ton front qui voyage
Ce soir ont-ils compté
 Quel âge
A leur éternité ?

Qui t'avait éborgnée
L'autre nuit ? T'étais-tu
 Cognée
A quelque arbre pointu ?

Car tu vins, pâle et morose,
Coller sur mes carreaux
 Ta corne
A travers les barreaux

Va Lune moribonde,
Le beau corps de Phébé
 La blonde
Dans la mer est tombée

Tu n'en est que la face,
Et déjà tout ridé
 S'efface,
Ton front dépossédé .

Lune en notre mémoire,
De tes belles amours
L'histoire
T'embellira toujours

Et toujours rajeunie,
Tu seras du passant
Bénie,
Pleine Lune ou croissant,

T'aimeras le vieux pâtre,
Seul, tandis qu'à ton front
D'albâtre
Ses dogues aboieront

T'aimeras le pilote
Dans sont grand bâtiment,
Qui flotte
Sous le clair firmament !

Et la fillette preste
Qui passe le buisson,
Pied lesté,
En chantant sa chanson.

Comme un ours à la chaîne,
Toujours sous tes yeux bleus
Se traîne
L'Océan monstrueux.

Et qu'il vente ou qu'il neige,
Moi même, chaque soir,
Que fais-je,
Venant ici m'asseoir ?

Je viens voir à la brune,
Sur le clocher jauni,
La Lune
Comme un point sur un i.

Alfred de Musset

TABLE DES MATIERES

=====

	Page
<u>' Compte rendu de l'Assemblée Générale :</u>	1
<u>' Une brève histoire de la mesure du temps :</u>	4
<u>' Appel à nos lecteurs :</u>	18
<u>' Ballade à la Lune :</u>	19