

## *La mesure du temps à travers les âges*

Avec le temps, avec le temps ..... tout s'en va ....

Le temps, au fond, qu'est-ce que c'est ? Nous croyons bien le savoir, pourtant nous sommes bien embarrassés lorsqu'il s'agit de le définir.

Dans la vie quotidienne, nous le considérons comme une espèce de fluide qui nous file entre les doigts et dans lequel nous nous déplaçons. Ne dit-on pas couramment « combien de temps s'est écoulé depuis la guerre, depuis les vacances, depuis ton mariage ? » Nous lui prêtons même un caractère plutôt capricieux : quand nous sentons que les vacances touchent à leur fin, nous disons : « Que le temps passe vite ! ». Au contraire, quand nous nous ennuyons : « faisons un mot croisé, ça fera passer le temps ! ». Comme s'il était dans notre pouvoir de modifier le temps !

Et si nous consultions le dictionnaire pour voir ce qu'il peut nous apprendre ? Eh bien, voilà : « Temps : durée des choses par opposition avec l'éternité ». Sommes-nous plus avancés pour autant ? Pas vraiment, nous restons sur notre faim. Mais, pour nous consoler, nous lisons un peu plus loin « la question de la mesure du temps, est l'une des plus difficiles qui se rencontre dans les sciences physiques ». Einstein, pour qui tout est relatif, est même allé jusqu'à nier carrément l'existence du temps proprement dit et il a créé la notion « espace-temps » ou le temps et l'espace sont étroitement liés. Pas facile à comprendre ? Tout le monde n'est pas Einstein !

Pourtant, depuis la plus haute antiquité - depuis la préhistoire ! - la notion du temps

et la difficulté de le mesurer ont hanté l'esprit des hommes.

Un petit voyage en Irlande effectué récemment nous a fait découvrir l'un des dispositifs les plus surprenants que nos ancêtres aient imaginés pour se mettre sous les yeux le passage du temps. Ils ont creusé, à flanc de coteau, un long souterrain qui conduit à une chambre enfouie sous un tumulus de pierres. Lorsque le rayon du soleil levant pénétrait au fond de ce couloir et qu'il venait, le matin du 21 décembre, jour du solstice d'hiver, éclairer une pierre blanche qui s'y trouvait, ils savaient qu'une nouvelle année allait commencer. Ils ont attaché à cet ouvrage tant d'importance qu'ils n'ont pas hésité à transporter sur 60 kilomètres, 200 000 tonnes de pierres pour réaliser leur prouesse (et ceci 3 000 ans avant notre ère !).

D'autres civilisations ont éprouvé le même besoin de connaissance et leurs réalisations prouvent, toutes, que c'est l'observation des astres et la compréhension des mécanismes célestes qui sont à la base de toute mesure du temps.

Mais l'astronomie n'est pas à la portée de tous et elle n'est utile que pour mesurer les très longues périodes. Dans la vie de tous les jours, il faut bien pouvoir mesurer aussi les temps plus courts et, donc, trouver d'autres techniques plus simples.

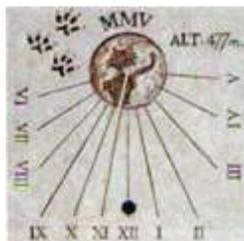
L'écoulement d'un fluide est l'une d'elles. En mesurant le temps qu'un récipient plein d'eau met à se vider, les anciens ont développé une « montre à eau » appelée **Clepsydre** qui n'était pas d'un usage bien pratique : il fallait périodiquement remettre à niveau le liquide et compter le nombre des remplissages successifs. En outre, la durée dépendait de la température : l'eau chaude coule plus vite que l'eau froide.



Remplaçons l'eau par un « fluide solide » par exemple du sable sec parfaitement calibré et nous avons le **sablier** qui est indépendant de la température et que nous utilisons toujours, ne serait-ce que pour cuire nos œufs à la coque. Le sablier est même devenu un véritable symbole du temps, on le voit figurer sur de nombreuses gravures ou tableaux, souvent associés à la faux, symbole de la mort. De nos jours, nous voyons apparaître ce même sablier sur l'écran de notre ordinateur pour nous exhorter à la patience.



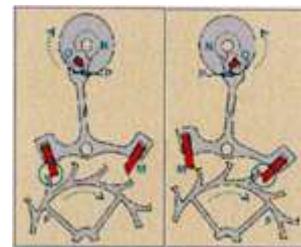
Nous faisons encore appel à l'astronomie lorsque nous suivons le déplacement de l'ombre projetée par le soleil : c'est le **cadran solaire**, utilisé pendant des siècles et qui a survécu, ne serait-ce qu'à titre décoratif. (Vous souvenez-vous de l'article figurant aux Petites Chroniques de 2004 ?).



Il faudra attendre le XIV<sup>e</sup> siècle pour voir enfin apparaître un instrument moderne : l'horloge à poids. Tout comme le sablier, l'horloge fait intervenir la chute d'un

corps : au lieu d'une grosse quantité de grains de sable, elle utilise simplement un poids. Mais un poids, ça tombe d'un seul coup. Si on veut s'en servir utilement, il faut le freiner pour le laisser tomber petit à petit, donc l'assortir d'un « amortisseur ».

C'est alors qu'a été inventé la **roue à échappement**, une roue dentée dont le profil particulier ne laisse s'échapper qu'une dent à la fois à travers une espèce de fourche ou d'ancre. Plusieurs dispositifs, plus ou moins satisfaisants, ont été essayés pour stabiliser la vitesse de cet échappement, le plus efficace étant appelé « foliot ».



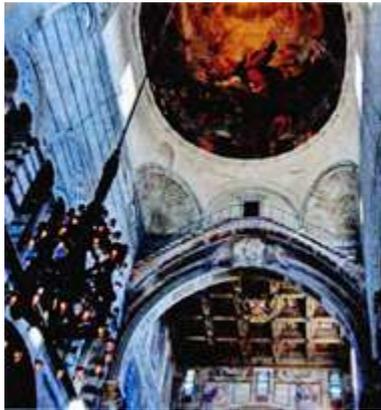
Ce problème n'a été vraiment résolu qu'avec l'arrivée de Galilée.

Transportons-nous, par la pensée, en Italie, à Pise, cette ville de Toscane, vieille rivale de Florence et de Venise, à l'époque de la Renaissance. On assiste alors à un foisonnement d'idées dans tous les domaines de la science.

En marge de la ville, le merveilleux dôme, tout de marbre blanc, est mondialement connu pour son campanile, la fameuse tour penchée qui défie les lois de l'équilibre depuis 8 siècles. Quand vous l'admirez, ne manquez pas de pénétrer aussi dans la vaste nef, vous y verrez, suspendu à son long câble, un gros lampadaire en bronze qui a une histoire. La voici :

Nous sommes à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle. Galilée assiste dans le dôme à une cérémonie interminable. Trompant son ennui, il suit du regard le lustre qui se balance doucement ; (le sacristain qui vient

d'allumer les nombreux cierges devait être un peu maladroit). Il remarque que le va-et-vient du lustre met toujours le même temps alors qu'il va de moins en moins loin. Ce comportement lui donne à réfléchir, son sens aigu de l'observation est en éveil et, tout à coup, Galilée découvre une loi d'une portée insoupçonnée : la loi du pendule, qui s'énonce ainsi : « Dans un endroit donné, la période d'oscillation d'un pendule est constante, elle ne dépend que de sa longueur ». En bon mathématicien, il élabore l'équation du phénomène où, en plus de la longueur du pendule, intervient aussi la force d'attraction terrestre.



C'est le hollandais Huygens qui, au XVII<sup>e</sup> siècle, se basant sur les travaux de Galilée, eut l'idée de contrôler la roue d'échappement par un pendule, puisque celui-ci possède une période rigoureusement constante. (C'est la naissance de la pendule et de la pendulette de nos salons).

Mais la pendule a ses limites. D'abord, on l'a vu, la période du pendule est donnée par sa longueur. Or, chacun sait que les métaux se dilatent à la chaleur et se contractent avec le refroidissement. Alors, comment éviter que la pendule retarde quand il fait chaud et qu'elle se mette à avancer quand il fait froid ? Il suffisait d'inventer un alliage métallique qui soit insensible à la variation de la température. Plus vite dit que fait ! Le Suisse CE. Guillaume y est arrivé en inventant l'« Invar » (alliage de fer, carbone, nickel),

ce qui lui valut le prix Nobel de physique en 1920. D'autre part, il lui faut un minimum de hauteur pour suspendre les poids et elle n'est pas transportable. Le prochain pas à franchir va nous conduire à la « montre ». La force motrice donnée par les poids est remplacée par un ressort enroulé sur lui-même. Quant au balancier suspendu, il va céder sa place à un balancier circulaire, un petit volant qui peut tourner autour d'un axe et dont le mouvement de va-et-vient est entretenu par un tout petit ressort.

Sans entrer dans le détail de son mécanisme et de ses rouages, on peut dire que notre montre-bracelet fonctionne selon le même principe qu'une grosse horloge et en obéissant à la même loi des oscillations énoncée par Galilée.

Sans cesse perfectionnée par de nouvelles inventions, la montre mécanique existe toujours. Le perfectionnement le plus récent est le **tourbillon**, c'est un dispositif d'une complication telle qu'elle est réservée aux montres d'exception ; comme une montre se porte le plus souvent dans une même position, l'usure des pièces se concentre d'un même côté. Dans une montre à tourbillon, l'ensemble des pièces de l'échappement est monté sur un système qui tourne régulièrement sur lui-même, ce qui annule l'effet de la gravité et évite une usure dissymétrique : on peut dire que le mécanisme travaille en apesanteur !



Sans doute la montre mécanique a-t-elle atteint là ses limites : une précision de un dix-millionième, soit une variation de 3 secondes par an. C'est amplement

suffisant pour ne pas rater son train... qui arrive souvent avec un quart d'heure de retard.

Si on voulait faire mieux, il fallait chercher dans une toute autre direction, celle qui a donné naissance à la montre à quartz.

La montre à quartz : au début des années 1800, un minéralogiste français, Valentin Haüy, avait découvert qu'un cristal de quartz s'électrise quand on le soumet à une pression. Ce phénomène, appelé *piézo-électricité* a été étudié et développé, vers 1880, par un physicien que nous connaissons bien, Pierre Curie, aidé, ce qui est moins connu, par son frère Jacques. Le comportement du cristal est réversible : si l'on déforme le cristal, il s'électrise, mais si on l'électrise, il se déforme. Donc, si l'on applique au cristal de quartz une tension électrique alternative, il va *osciller* selon une période rigoureusement constante, donnée par la structure intime et invariable d'un cristal de quartz.

Grâce aux progrès de la science électronique (semi-conducteurs, circuits intégrés...), on a pu se servir de l'effet régulateur du cristal de quartz pour *piloter* l'affichage des aiguilles d'une montre d'un type tout nouveau : la montre à quartz, commercialisée à partir de 1969. Et un nouveau seuil de précision a été franchi : un 10 000ème de seconde sur une période de plusieurs mois !

Le petit bout de quartz a succédé au bon vieux pendule de Galilée et en obéissant, en partie, aux mêmes lois mathématiques que celui-ci avait énoncées.

## L'horloge atomique



Un dix millième de seconde par rapport à un mois, existe-t-il vraiment quelqu'un à qui cette précision ne suffirait pas ? Eh bien, oui, les astronautes !

Pouvons-nous imaginer la haute précision qu'ils exigent pour l'exercice de leurs prouesses ?

Pour « accorder les violons » des différents vaisseaux qui, naviguent dans l'espace et qui doivent recevoir avec une parfaite précision des ordres venant de la terre, par exemple lors du rapprochement et d'un arrimage de deux éléments, la précision d'une montre à quartz ne suffit plus. Même chose pour le système GPS où plusieurs satellites vous prennent en charge sans jamais vous perdre et se transmettent leurs données de l'un à l'autre. C'est grâce à l'horloge atomique qu'ils sont parfaitement synchrones l'un par rapport à l'autre. La précision de ces horloges s'exprime en nanosecondes, c'est-à-dire en milliardième de seconde !

Et ça marche comment ? Pas d'uranium, pas de plutonium, rien à voir avec la bombe du même nom.

Il serait difficile - et au-delà de nos compétences - de détailler dans le cadre de cet article, le fonctionnement complexe de cette horloge. Contentons-nous de faire le parallèle avec l'horloge à quartz dans laquelle est mise à profit la structure des molécules dans un cristal. Ici, un pas de plus est franchi, on pénètre carrément à l'intérieur de l'atome lui-même et l'on joue sur les différences d'énergie que présentent les électrons qui le composent.

Et les chiffres donnent le tournis : l'horloge la plus précise au monde, située à l'Observatoire de Paris, ne dévie que d'une seconde au bout de ... 2 millions d'années !

On est loin de la pendule de mon grand père que je remets à l'heure une fois par semaine .....

Pierre RUCKSTUHL

