

L'heure au soleil

« Par la truffe d'Anubis ! Pharaon va se mettre en pétard ! Et je vais finir en Apéricube pour crocodiles sacrés... » Brelokebis s'arracherait les cheveux s'il en avait encore. Noyé dans ses pensées, le distrait astronome a complètement oublié de surveiller la clepsydre (dessin page 41, en bas) dans laquelle le temps s'écoule, goutte à goutte. Maintenant, son horloge à eau est plus vide qu'un puits dans le Sinaï quand souffle le simoun. Et il n'a pas la moindre idée de l'heure qu'il est. Or, Pharaon l'avait bien prévenu de sa voix avinée : réveille-moi à la sixième heure de nuit. C'est l'heure du dieu Kuïth, celui qui facilite la digestion des joyeux fêtards. Maintenant c'est trop tard, Pharaon va être malade comme un chacal,

et c'est l'astronome qui va déguster.

Bon, inutile d'éplucher les archives de la XVIII^e dynastie, vous ne trouverez aucune trace de Brelokebis. Nous l'avons inventé – lui et les compères qui suivent – pour les besoins de la cause. En revanche, une chose est bel et bien authentique : si les Égyptiens disposent d'instruments à mesurer le temps, c'est avant tout pour des raisons religieuses. Chez eux, jour et nuit sont chacun divisés en douze périodes ; chaque « heure » est placée sous la protection d'un dieu. Or, mieux vaut savoir s'il s'agit d'un petit teigneux ou d'un gros débonnaire. C'est ainsi que dans le *Roman d'Alexandre*, (écrit au II^e siècle), le roi égyptien Nectanebo retient Olympias d'ac-

coucher pendant une partie de la nuit ; quand vient l'heure du dieu Zeus, il lui donne son feu vert !

Le jour, pour un usage identique, on préfère recourir au cadran solaire, bien plus précis. La clepsydre (ou horloge à eau), elle, s'impose la nuit ou lorsque le ciel est couvert. En fait, ces deux instruments vont dominer toute l'Antiquité. Les Égyptiens les refileront aux Grecs, qui transmettront aux Romains. Grecs et Romains trouveront un nouvel usage à l'horloge à eau : dans les tribunaux, pour minuter le temps de parole des uns et des autres.

Toutefois, l'immense majorité de la population, composée de paysans, se moque comme d'une guigne de ces appareils rutilants. Ils calquent leur vie sur le rythme du Soleil : lever, zénith (midi), coucher. Nul besoin d'autres repères pour mener à bien la routine des travaux agricoles. Pour le laboureur égyptien, par exemple, il est bien plus utile de connaître les rudiments du calendrier (voir notre article page 78) pour ne pas rater la crue annuelle du Nil.

Les civilisations du Bassin méditerranéen ont fait grand usage des cadrans solaires. Le Soleil y est généreux et c'est, à l'époque, le moyen le plus sûr pour compter le temps.



ERIC LESSING/MAGNUM





Les Égyptiens vivent chaque jour au rythme du Soleil. Jusqu'au *xx^e* siècle les paysans se passeront aisément d'outils à mesurer les heures.

Bilboquet? Non, cadran solaire emporté au siècle dernier par les bergers des Pyrénées dans les alpes.

LE CADRAN SOLAIRE

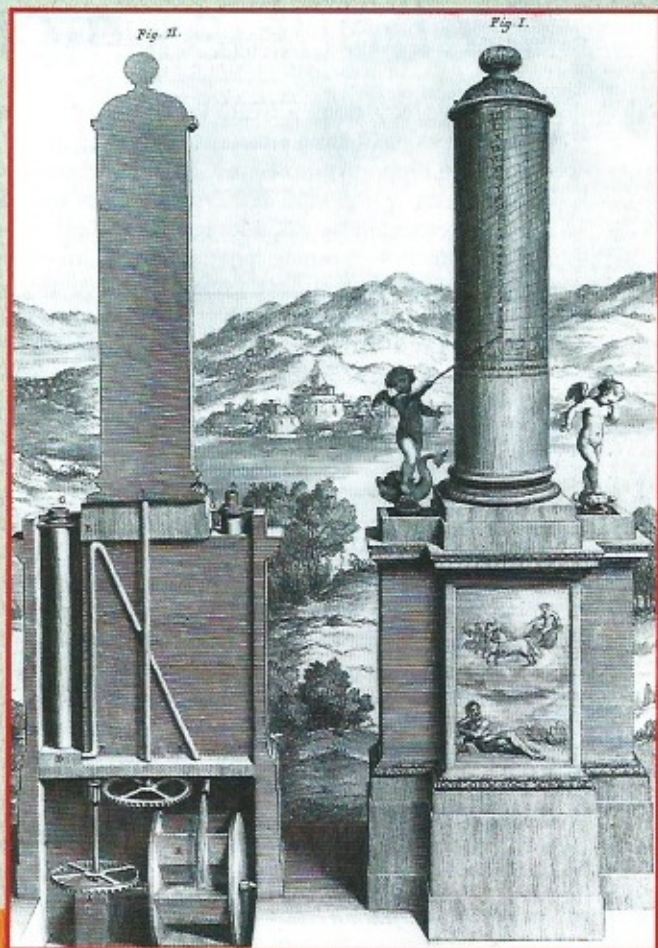
Plantez un bâton dans le sol, et vous avez le plus simple des cadrans solaires. L'ombre de votre gnomon (ainsi nomment-on les instruments de ce type)

va tourner avec le Soleil. Évidemment, pour lire l'heure, il faut graduer. Et là commencent les soucis : car la position du Soleil, donc de l'ombre, fluctue avec les saisons. Le cercle sur lequel il paraît se déplacer varie du sud au nord entre le 21 décembre et le 21 juin ; du nord au sud, entre le 21 juin et le 21 décembre. Aux équinoxes (printemps et hiver), il est aligné sur les points cardinaux est et ouest. Si l'on ne tient pas compte des variations de longueur et d'orientation de l'ombre, le gnomon n'est pas fiable.



L'HORLOGE À EAU

Le principe de la clepsydra (ou horloge à eau) est particulièrement simple. Prenez une bouteille d'eau en plastique, percez un petit trou dans le bas et glissez-y une paille de même diamètre : c'est fait. Ne reste qu'à graduer et lire le temps qui passe en fonction de l'eau qui s'écoule. Las ! Plus on s'approche du fond, et plus le débit ralentit (la pression qui s'exerce est moins forte). Pour compenser, les Égyptiens taillaient leurs horloges en forme de tronc de cône : au fond, la section est moins importante qu'en surface, ce qui assure un débit d'eau à peu près constant.



Malgré la simplicité de leur principe, les horloges à eau s'enrichissaient de mécanismes assez complexes. Ici, le cylindre affichant l'heure tourne grâce à une roue hydraulique.

MOYEN ÂGE

Debout les moines !

Au premier « dong », frère Pedro hisse péniblement sa paupière gauche. Au deuxième, il bâille comme un hippo. Au troisième, le voilà debout dans ses sandales, qui galope derrière les autres moines. Pardi, mieux vaut ne pas rater matines, c'est-à-dire la prière nocturne ! Sinon, le père abbé va lui sonner les cloches. Justement : c'est une histoire de cloches qui va conduire à l'invention de l'horloge.

Dans la religion chrétienne, qui imprègne tout le Moyen Âge, la prière se fait à heures régulières. Dès le VI^e siècle, la règle de saint Benoît connaît un succès fou. Ce code de vie précise comment, dans un monastère, il faut rendre grâce à Dieu ; sept prières sont au menu du jour : laudes (une heure avant le lever du soleil), prime (première heure du jour), tierce (milieu de la matinée), sexte (midi), none* (milieu de l'après-midi), vêpres (coucher du soleil), complies (une heure après le coucher), auxquelles s'ajoutent donc matines. Les moines se pressent la cervelle : comment être sûr, chaque nuit, d'empêcher la communauté de roupiller ?

Les plus ingénieux retroussent les manches de leur robe de bure et décident d'accoupler une clepsydre avec un marteau. Celui-ci, quand le temps est écoulé, retombe sur une cloche de bronze. Debout les moines ! Mais ces minuteurs ont l'inconvénient de toutes les horloges à eau : leur débit varie avec la température et la pression atmosphérique ; et quand il gèle... Or, dans l'Europe du Nord, où le

Isolés du monde laïc, les monastères rythment leurs journées par les prières. L'horloge leur permet de n'en rater aucune.



christianisme a fait son nid, il fait plutôt frisquet.

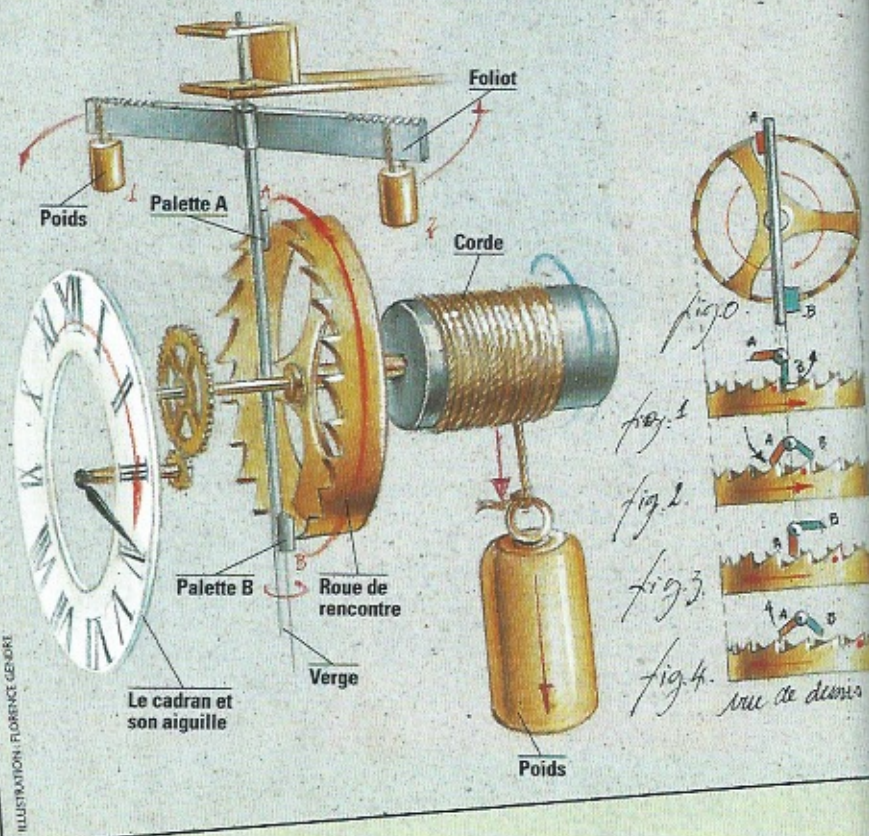
C'est alors que, probablement entre le XI^e et le XIII^e siècle, sous une tonsure anonyme, germe l'idée géniale de l'horloge mécanique. Son principe ? Un poids suspendu à une corde fournit l'énergie de la machine ; tandis qu'un système de verge et de foliot (voir dessin ci-dessous) interrompt régulièrement la chute du lest. Une révolution au niveau des idées. Car le temps n'est plus conçu comme un phénomène continu, coulant sans interruption, mais comme une suite répétitive de petits moments : des « tic » et des « tac » sans fin. Très vite, cette horloge va faire le mur des monastères et conquérir les cités.

(*) Entre le XIII^e et le XV^e siècle, none remonte à midi ; vêpres, en début d'après-midi.

L'HORLOGE À VERGE ET FOLIOT

L'énergie nécessaire est fournie tout simplement par la gravitation, cette force universelle qui attire les corps entre eux. Un poids est donc suspendu à une corde enroulée ; en tombant, il entraîne une roue dentée.

1. S'il chute trop vite, l'énergie est gaspillée. Le système verge-foliot va « casser » sa chute : la verge, c'est une tige de fer sur laquelle deux palettes perpendiculaires sont fixées ; on l'alourdit par un foliot auquel des poids sont suspendus. En déplaçant ces poids vers l'intérieur ou l'extérieur, on peut régler la vitesse de rotation.
2. En tournant, la roue vient buter contre la palette A. Cela arrête son mouvement (fig. 1).
3. Mais la gravitation est la plus forte. La roue reprend sa rotation, repousse la palette A (fig. 2) et se retrouve stoppée par la palette B qui, par son mouvement, l'entraîne momentanément dans l'autre sens (on parle de « déhanchement à recul ») (fig. 3). Puis la roue reprend son mouvement, dévie la palette B (fig. 4) avant d'être, cette fois, bloquée par la palette A. Et ainsi de suite. Le foliot accomplit donc un mouvement de va-et-vient permanent.



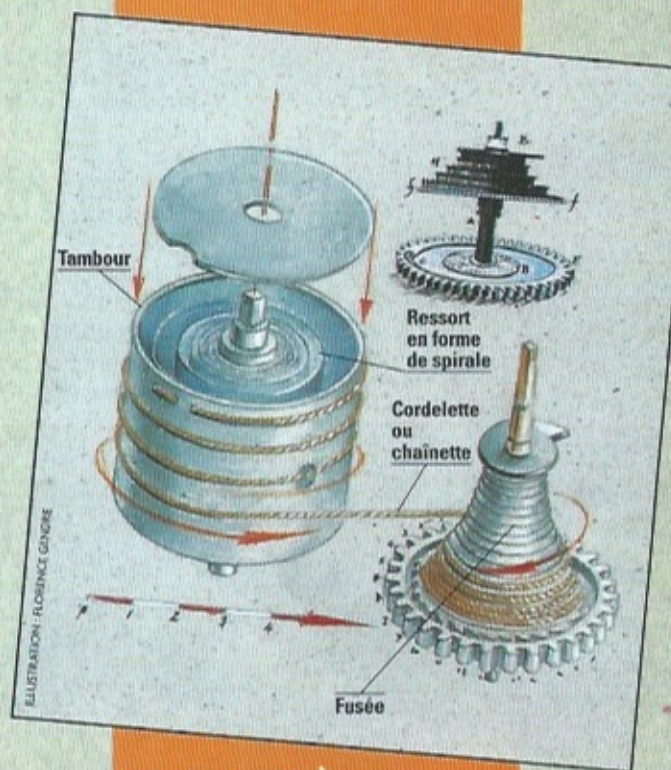
Le temps du temps des villes

Maître Pierre Labreloque a la plus grosse bedaine de Paris. Perdreaux à la broche, chapons farcis, gâteaux à la crème, notre homme s'empiffre comme un goret. C'est que son métier d'horloger de la tour du Palais est des plus lucratifs ! À ce poste, à la fin du XIV^e siècle, Henry de Vic ne touchait-il pas six sous parisis par jour, c'est-à-dire de quoi acheter quotidiennement... 120 kilos du meilleur blé ?

Dans les cités médiévales, l'apparition de ce nouveau métier si bien rémunéré révèle que l'horloge mécanique s'est imposée à partir du XIII^e siècle. On ne compte plus les tourelles, les flèches d'église, les beffrois où s'exhibent ces énormes Meccano de fer et de cuivre. Pourtant, les premières venues sont si mal découpées que seuls des poids colossaux (une demi-tonne, parfois) les mettent en mouvement. Leur construction vire au gouffre financier : 1667 livres pour celle de Perpignan montée en 1356, presque 5 millions de nos francs actuels ! Bien souvent, il faut d'abord bâtir la tour pour les supporter. Alors, pourquoi tant de sueur et de deniers ? C'est qu'à cette époque, une horloge publique, même peu fiable, ça vous crée une réputation ; tout comme une cathédrale ou de saintes reliques, ça attire le chaland qui ne manquera pas de dépenser quelques piécettes au passage.

Le Moyen Âge a conservé l'usage antique des journées de vingt-quatre heures – mot dérivé du latin *hora*, qui l'avait déjà chipé au grec. Selon les saisons, l'heure de jour n'avait évidemment pas la même durée : courte en décembre sous nos latitudes, longue en juin. L'horloge urbaine va torpiller cette habitude. Imperturbable, elle égrène les heures de la même façon. Hiver comme été. De nuit comme de jour. Dans le joyeux bazar des rues comme dans l'intimité des palais royaux.

De fait, l'horloge trouve très vite sa place dans la vie privée. Au XIV^e siècle, le roi de France Charles V n'est pas peu fier de ses trois horloges d'intérieur ! Heureusement, les bougresses n'ont rien à voir avec les mastodontes qui trônent dehors. Un nouveau mécanisme, ingénieux quoique moins régulier, les a rendu transportables : un ressort comprimé, auquel s'adjoint la « fusée » (voir dessin en haut à droite), fournit l'énergie en remplacement du poids qui chute. Les artisans vont désormais ciseler de micro chefs-d'œuvre : la reine Élisabeth d'Angleterre, au XVI^e siècle, usera d'une montre enchâssée dans sa bague ! Pourtant, toutes ces tocantes ne brillent guère par leur précision. Et il n'est pas rare que les fabricants y ajoutent un petit cadran solaire pour remédier aux défaillances...



L'HORLOGE À RESSORT SPIRAL ET FUSÉE

Inconvénient du ressort comprimé : sa force décroît à mesure qu'il se détend. On le relie, par une cordelette ou une chaînette, à une fusée de forme « hyperbolique ». Avec son diamètre de plus en plus réduit, elle va compenser l'effort déclinant du ressort.

Une seule aiguille dans les horloges les plus anciennes (ici, Padoue en Italie). Celle des minutes ne se répand qu'au XVI^e siècle ; celle des secondes, au milieu du XVIII^e siècle.



Bien visibles au sommet des beffrois (ici, à Moulins) : les horloges urbaines donnent aux villes leur propre temps, différent de celui des campagnes.



ANG PARIS

DANIEL FAURE/DUAF

ALFONSO/GALUDON

XVII^e SIÈCLE

À la fin du XVII^e siècle, les montres à spiral réglant pulvérisent les records de précision : l'erreur ne dépasse guère cinq minutes par jour.

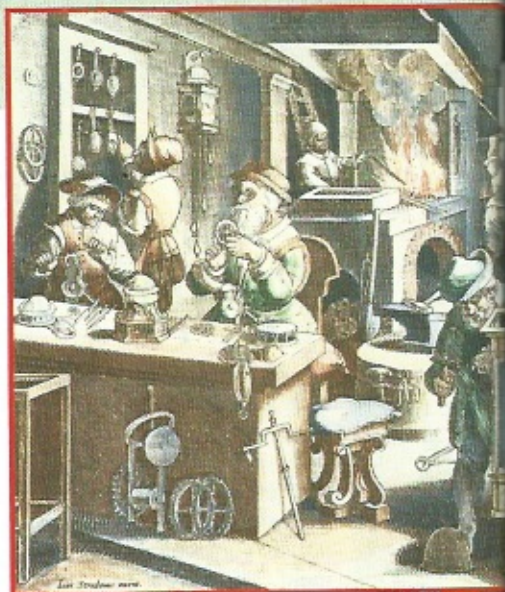
Enfin Huygens vint !

En 1656 dans sa bonne ville néerlandaise de La Haye, Peter Van Brelog épluche la gazette locale. Soudain il manque de s'étrangler. Gasp ! Là, dans la rubrique « Sciences et technologie », un article mortel : son compatriote Christiaan Huygens vient d'inventer ce dont lui, Van Brelog, rêve depuis si longtemps : la pendule. Un instrument de mesure du temps dix fois plus précis que toutes les horloges existantes.

Il était temps. Car, en ce XVII^e siècle où les grands esprits abondent, la science est en ébullition. Les astronomes rêvent d'un mécanisme fiable leur permettant de chronométrer les mouvements des astres.

En Italie, Galilée a un souci comparable. Le savant pisan cherche à mettre sur pied la loi de la chute des corps ; il place des boules sur un pan incliné et mesure leur temps de descente. Il en est d'abord réduit à comparer avec... les battements de son pouls ! Vraiment, une horloge précise, susceptible de saisir les secondes, lui rendrait un fier service. L'inventif Galilée ébauche une pendule qu'il ne construit pas.

Mais c'est Huygens qui met au point – sans connaître les essais de l'Italien, semble-t-il – la première véritable pendule fonctionnelle (voir dessin ci-dessous, à gauche). Une révolution. La précision passe de 15 minutes à 15 secondes par jour ! Immédiatement, presque toutes les horloges existantes sont modifiées et transformées en pendules. Devant le succès de son invention, Huygens le modeste parle de « hasard ». Trop modeste : car il récidive en inventant le ressort spiral réglant. Autrement dit, un procédé qui améliore diablement la qualité des montres (voir dessin ci-dessous).



NON-CHALZEVILLE

les horloges existantes sont modifiées et transformées en pendules. Devant le succès de son invention, Huygens le modeste parle de « hasard ». Trop modeste : car il récidive en inventant le ressort spiral réglant. Autrement dit, un procédé qui améliore diablement la qualité des montres (voir dessin ci-dessous).

LA PENDULE

Christiaan Huygens reprend la base de l'horloge à foliot et à verge : c'est un poids qui fournit l'énergie initiale ; on retrouve la verge et les deux palettes perpendiculaires de la page 42. Mais il y ajoute un pendule régulateur. Là est la révolution : ce sont les balancements réguliers du pendule qui libèrent alternativement la roue dentée.

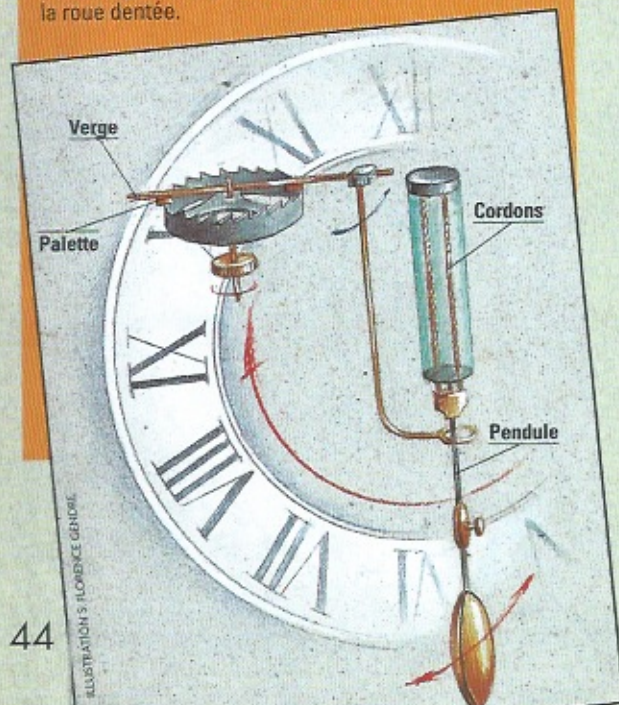
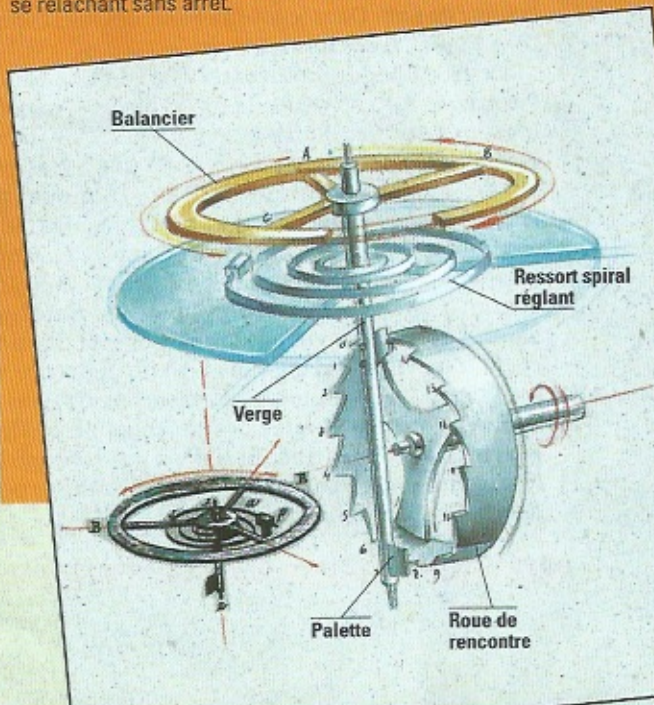


ILLUSTRATION S. FLORENCE GENOIE

LE SPIRAL RÉGLANT

Le pendule ne peut fonctionner que sur des appareils assez gros et maintenus verticalement. Et pour les montres ? Huygens invente le ressort spiral réglant. Le foliot est remplacé par un petit volant, le balancier, fixé à la verge. La botte secrète, c'est un petit ressort fin, enroulé autour de la verge. C'est lui le « spiral réglant ». Il fait le même boulot de régulateur que le pendule en se comprimant et se relâchant sans arrêt.



Au cœur du quartz

LA VIE DU RAUL/SNET



L'essor du chemin de fer et des voyages à longues distances imposent l'heure unique à l'Hexagone.

« En voiture, m'sieurs dames ! » Le chef de gare Le Breloc s'époumone. Tant pis pour les passagers de l'express Vannes-Paris qui sirotent encore leur demi au buffet de la gare ! Dame, l'heure c'est l'heure, et dans les compagnies de chemins de fer, les retards sont fautes professionnelles graves !

Comment faire autrement ? Avec le train, il est devenu insupportable que chaque ville ait « son » heure. En 1884, les États-Unis – lassés de la pagaille due à la centaine d'heures locales sur leur seul territoire – réunissent une conférence internationale découpant la planète en 24 fuseaux horaires sur la base du méridien de Greenwich. Indignée,

la France refuse, puis s'y rallie en 1911. À l'intérieur du pays même, mis à l'heure de Paris depuis 1891, la province résiste : dans les petites gares, il n'est pas rare de trouver deux horloges face à face, heure parisienne contre heure locale*...

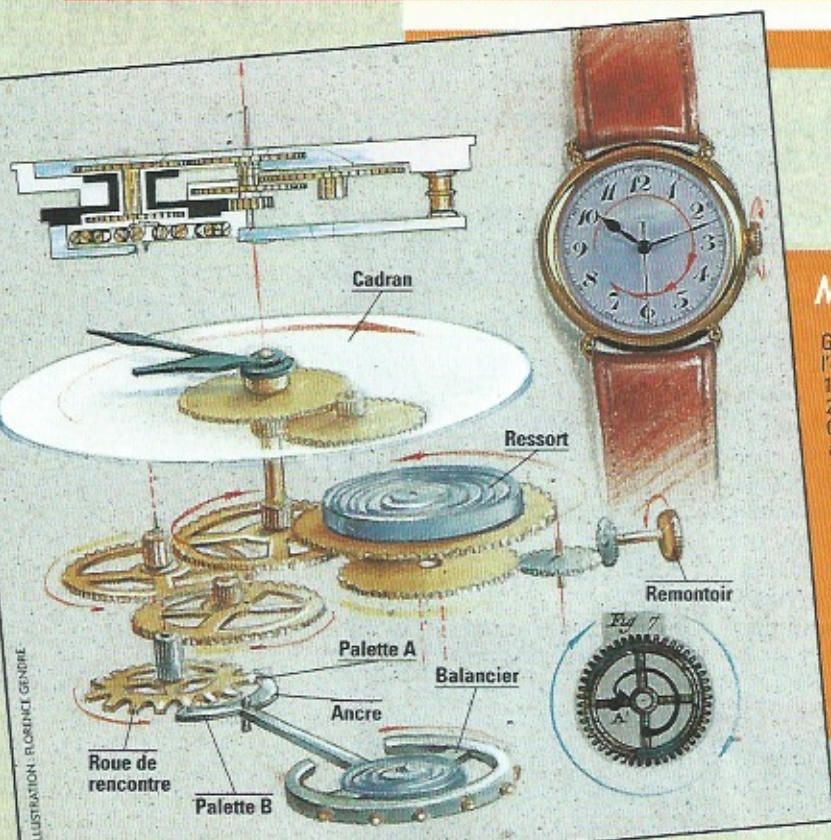
Voilà donc les États convertis à l'heure unique, à quelques exceptions près. La montre devient plus indispensable que jamais. À la fin du siècle dernier, près de 3 millions de pièces sont produites chaque année dans le monde ; cent ans plus tôt, on ne dépassait pas les 400 000. Deux nations tirent leur épingle du jeu : la minuscule Suisse, et les États-Unis où les montres sont

Suite page 48

AUG. PARIS



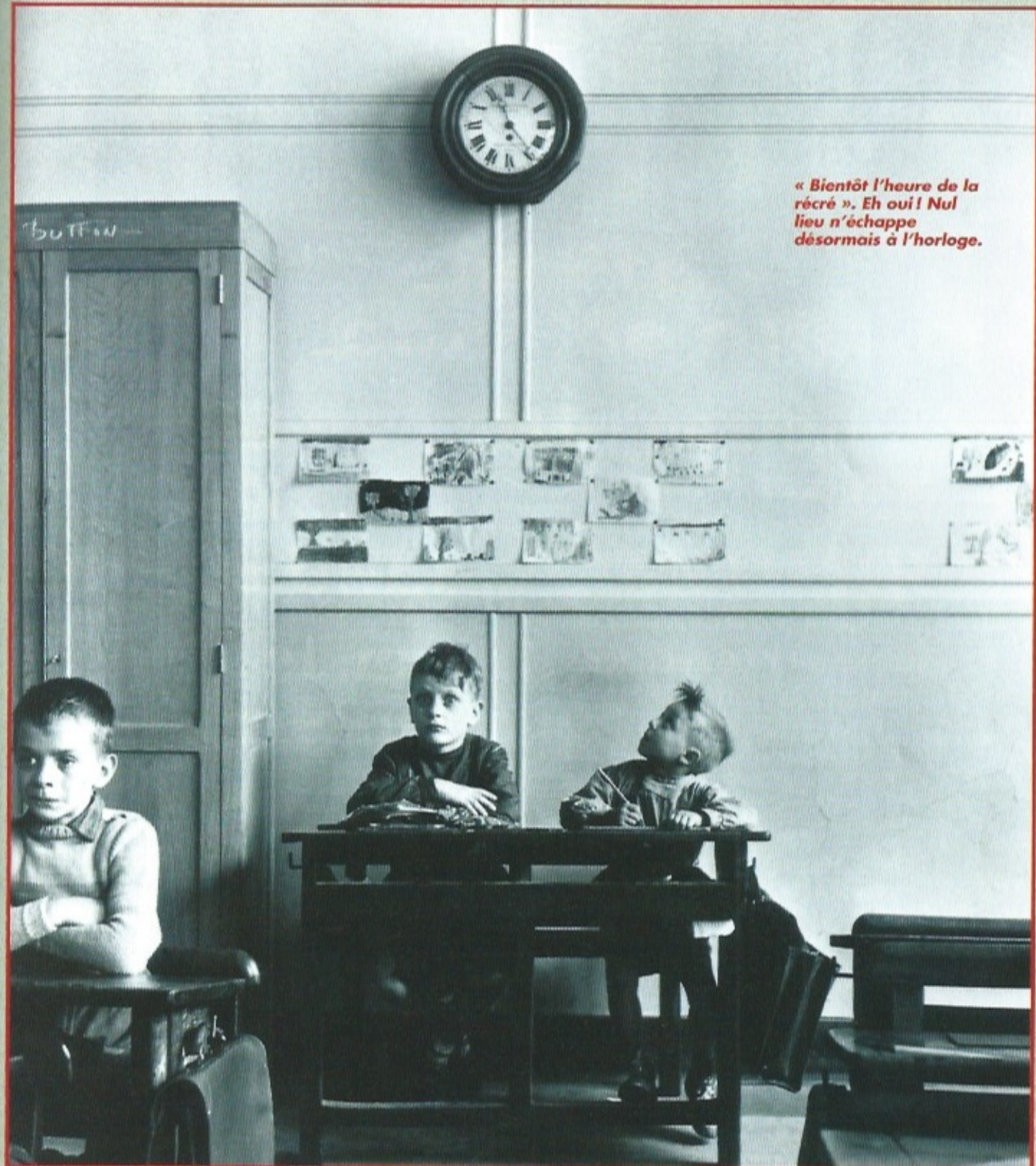
Dès le XIX^e siècle, la puissante industrie américaine fabrique ses montres en série. Vers 1880, un ouvrier suisse sort 40 montres par an ; un ouvrier américain, 150. Et 250 en 1900 !



MONTRE MÉCANIQUE...

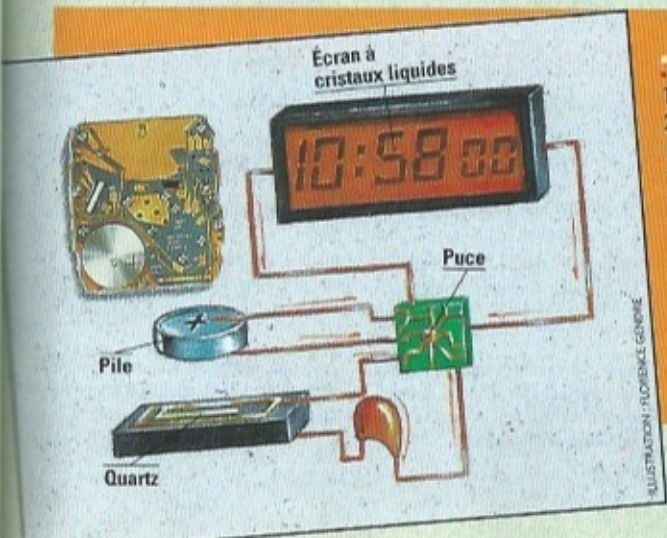
Grâce au remontoir, on comprime un ressort en spirale qui fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement du mécanisme.

1. En se détendant, le ressort actionne une série de roues dentées...
2. ... jusqu'à la roue de rencontre, mise en contact avec une ancre. C'est une sorte de pince, en forme d'ancre de marine, qui pivote sans arrêt autour d'un axe ; elle coince la roue de rencontre, puis la laisse s'échapper, puis la coince de nouveau, puis... etc. Pour cette raison, on qualifie ce principe d'« échappement ». Encore utilisé de nos jours, l'échappement à ancre a été mis au point au XVIII^e siècle. Sur les montres de qualité, les deux extrémités de l'ancre (palettes A et B) sont taillées dans des pierres dures comme le rubis pour mieux résister à l'usure.
3. Qui donne son mouvement à l'ancre ? Le balancier, très semblable à celui qu'inventa Huygens (voir page 44, en bas à droite), constitué d'un petit volant et d'un ressort spiral qui vont et viennent sans cesse.
4. En libérant par à-coups la roue de rencontre, le mécanisme transmet le mouvement aux aiguilles.



« Bientôt l'heure de la récré ». Eh oui ! Nul lieu n'échappe désormais à l'horloge.

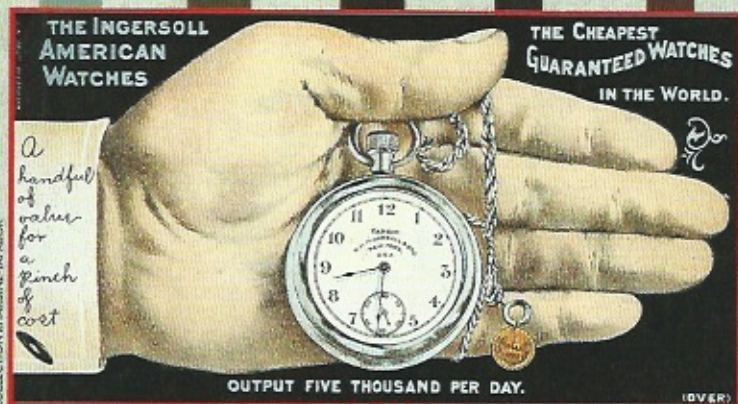
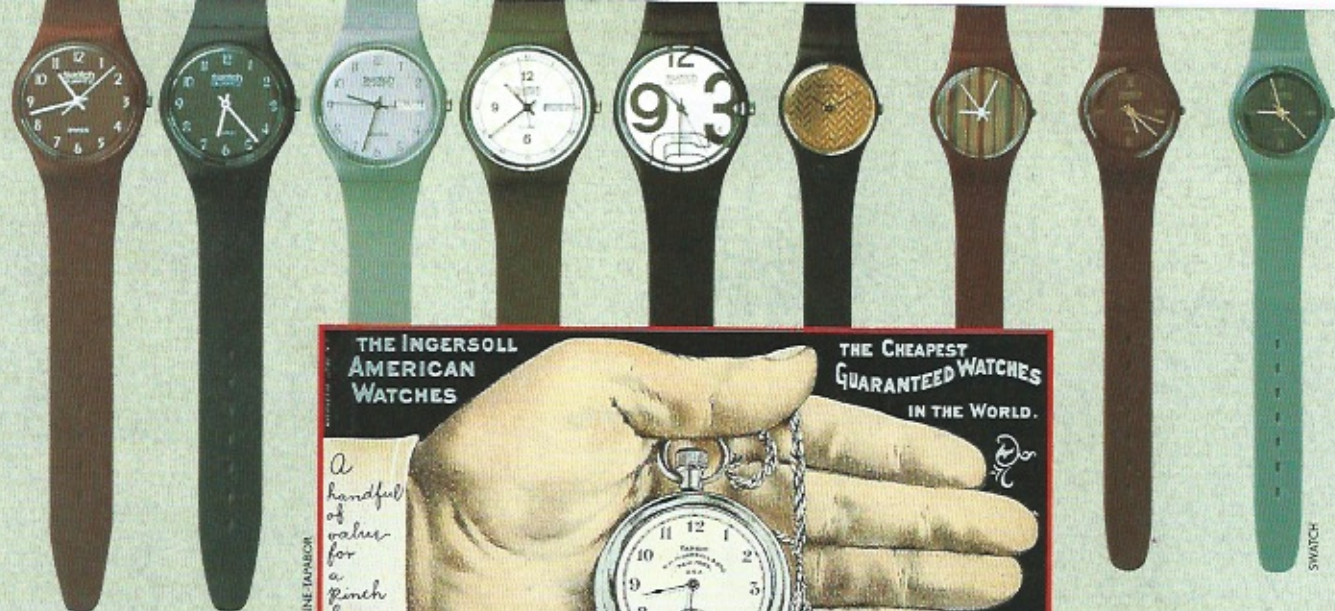
PHOTO: BOISSE/ALPHAPHOTO



... CONTRE MONTRE À QUARTZ

1. Une pile miniature de 1,5 volt alimente le circuit intégré (puce).
2. Un des éléments de cette puce est un oscillateur relié à un cristal de quartz. Or, ce matériau est dit piézo-électrique : tant que l'oscillateur lui lâche régulièrement une pichenette de courant, il vibre avec une grande régularité, 32 768 fois par seconde (fréquence de 32 768 Hz).
3. L'oscillateur transmet ce signal au circuit électronique qui divise 15 fois par deux les 32 768 oscillations pour n'en retenir qu'une seule par seconde (1 Hz).
4. Des impulsions électriques régulières sont alors envoyées vers l'écran d'affichage. Chaque segment de « 8 » est fait de cristaux liquides, une matière transparente mi-solide, mi-liquide qui devient opaque quand elle est traversée par un courant électrique, dessinant ainsi les 10 chiffres requis pour afficher l'heure.

ILLUSTRATION: FLORENCE GENDRE



Une autre invention américaine : la publicité pour les montres (ci-contre, la marque Ingersoll). Les Suisses retiennent

l'idée. En 1983, ils lancent la Swatch (pour « swiss watch ») grâce à un marketing très soigné.

Suite de la page 46 montées en série et vendues un dollar pour les moins chères !

Pourquoi y a-t-il 60 secondes dans une minute ?

Ne serait-il pas plus simple de calculer en base 100 : une minute = 100 secondes ; une heure = 100 minutes, etc. Ce bonheur comptable, la Révolution française a bien tenté de l'imposer entre 1793 et 1795. En vain.

Le système sexagésimal s'est maintenu. Il faut dire qu'il a ses avantages : 60 a de très nombreux diviseurs (2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 et 30), c'est bien commode ; et puis, l'usage en est si ancien. Il remonte aux Sumériens qui, il y a cinq mille ans, comptaient déjà en base 60. Quand les cadrans d'horloge apparaissent au Moyen Âge, on s'est mis à les graduer comme les cadrans solaires ; et lorsqu'il a fallu choisir une unité, on a ressuscité l'antique mesure sexagésimale qui, curieusement, avait toujours eu cours chez les astronomes. Une façon de rendre hommage aux Sumériens, pionniers de l'astronomie.

(*) Ainsi, 663 s'écrivait : $(60 \times 10) + (60 \times 1) + (3 \times 1)$, alors que dans notre système décimal, en base 10, on l'écrit $(10^2 \times 6) + (10^1 \times 6) + (10^0 \times 3)$.

En moyenne, une montre mécanique diverge d'une heure sur une année ; une montre à quartz, d'une minute.



Côté régularité, on plafonne depuis les années 1840. Les montres mécaniques ont touché leurs limites : suffisantes pour le grand public, elles ne contentent plus les gloutons de précision, à commencer par les scientifiques. C'est pourquoi la technologie des horloges à quartz balbutie d'abord en laboratoire. Après tout, n'était-ce pas le physicien Pierre Curie qui avait découvert les vertus de la piézo-électricité (voir dessin page 47) ?

Un premier prototype voit le jour en 1928 ; dix ans plus tard, ses successeurs gardent le temps à 2/1 000 de seconde près par jour : aussi bien que les meilleures pendules, mais pas mieux. Mais l'engin a la taille d'un congélateur : difficile à glisser au poignet.

Commercialement, les Suisses n'y croient pas ; les Américains et les Japonais, si. Leurs industriels lancent l'offensive. La consommation d'énergie de ces nouveaux garde-temps est réduite, tout comme leur épaisseur et leur coût. Dans les années 1970, la mode prend. Aujourd'hui, 95 % des montres vendues ont un petit cœur de quartz. Bien sûr, leurs records de précision ont été depuis pulvérisés par les horloges atomiques (voir notre article p. 22) qui donnent l'heure à 10^{-15} secondes près. Mais si vous arrivez à votre rendez-vous avec un milliardième de milliardième de seconde de retard, qui vous en voudra ? ■

(*) Entre Strasbourg et Brest, 49 minutes de décalage !

À LIRE

L'invention du temps, Jean Matricon et Julien Roumette. Presses Pocket. Collection Explora.
L'heure qu'il est, David S. Landes. Éditions Gallimard. Collection Bibliothèque illustrée des histoires.

Tous nos remerciements à Sydney Aufrère, égyptologue (université Montpellier-III), Pierre Buser, conservateur du musée d'Horlogerie du Locle (Suisse), et Jean-François Chapuis, du Centre d'électronique et de microtechnique.