

PALEO SPACE

La Normandie Jurassique



CAHIER PEDAGOGIQUE

LE TEMPS MESURÉ
DU MÉRIDIEN DE GREENWICH

LE MÉRIDIEN DE GREENWICH

INFOS

Ce cahier pédagogique est un outil de travail à destination des enseignants édité par le Paléospace de Villers sur mer. Il permet de préparer en amont votre visite au sein du musée.

Nos médiateurs ont rédigé trois cahiers pédagogiques du Paléospace qui se déclinent autour des trois thèmes abordés dans le musée :

- **Les falaises des Vaches Noires**
- **Le méridien de Greenwich**
- **Le Marais littoral de Blonville-Villers**

LE SITE

Le méridien de Greenwich, appelé aussi **L** méridien origine ou premier méridien, est une ligne imaginaire reliant le pôle Nord au pôle Sud passant par la ville de Greenwich... et par Villers-sur-mer ! En 1884, il a été désigné de manière arbitraire, comme ligne de référence internationale pour la mesure des longitudes. Ainsi tous lieux géographiques situés sur le méridien de Greenwich se trouvent à la longitude 0°.

Le méridien origine a été défini à l'Observatoire royal de Greenwich situé dans la banlieue de Londres (Grande-Bretagne). Plus précisément, le méridien premier est défini par la lunette méridienne d'Airy (une lunette méridienne est une lunette astronomique montée sur un axe qui limite l'observation dans le plan Nord-Sud, elle permet l'observation des astres lors de leur passage dans le plan du méridien).

L'importance du méridien de Greenwich est double. En 1884, il devient à la fois une référence internationale pour le positionnement sur la terre (mesure des longitudes) et une référence de temps. Avant 1884, le temps de référence était le temps solaire (quand le soleil est au point culminant de la journée, il est midi heure

solaire). Toutefois ce temps varie en fonction de la longitude : le soleil passe au méridien plus tôt à Strasbourg qu'à Brest, c'est alors un vrai casse-tête dans un pays un plein essor économique ! C'est pourquoi en 1884, il est décidé que le temps universel, ou GMT (Greenwich Mean Time), deviendrait la référence de temps. La création des fuseaux horaires permet à chaque pays d'avoir un décalage horaire par rapport à l'heure GMT.

Villers-sur-Mer a la particularité d'être la première ville rencontrée par le méridien de Greenwich lors de son entrée sur le continent. Ce passage est matérialisé sur la promenade de Villers-sur-Mer (en face du casino) par un petit belvédère où est tracée une ligne prolongée par des clous. En se promenant en ville, on remarque de nombreux commerces aux noms évocateurs et un certain attachement des habitants pour cette singularité !





LE MÉRIDIEN DE GREENWICH DANS LE MUSÉE

Le Paléospace aborde cette thématique à travers la quête de la longitude, une passionnante épopée qui plonge les élèves au coeur de l'Histoire des Hommes et des découvertes scientifiques. Une salle immersive permet une découverte ludique de cette thématique : objets de collection du XVIII^e jusqu'au XXI^e siècle (objets de marine, instruments d'astronomie et de mesure du temps) mais aussi des jeux interactifs et films multimédias. Les élèves peuvent également découvrir un instrument de mesure tout à fait singulier tracé au milieu de la salle : une méridienne. Il s'agit bien d'une œuvre unique, fabriquée spécialement pour le Paléospace, lorsque l'on sait que les dernières méridiennes construites en France datent du XVIII^e siècle ! A découvrir lorsque le soleil est au méridien !

Le parcours muséographique suit les découvertes faites par les Hommes depuis le XVII^e siècle pour améliorer leurs connaissances dans le positionnement en mer. Le visiteur est invité

à suivre le cheminement des pensées et des découvertes qui ont rythmé les siècles : depuis la navigation à l'estime - où seule la boussole et le loch permettent une approximation de la longitude - jusqu'à l'invention du chronomètre de marine - qui permet la mesure du décalage horaire et donc une connaissance précise de la longitude. Cette partie est l'occasion de se familiariser avec les notions de positionnement (qu'est-ce que la latitude et la longitude, comment les mesurer ? etc.) et les instruments de navigation (compas marin, loch, bâton de Jacob, sextant, chronomètre de marine, etc.).

Dans la seconde partie de la salle, les élèves peuvent découvrir comment, en 1884, le méridien de Greenwich devient la référence internationale de temps et d'espace et, plus intrigant, comment, aujourd'hui, le premier méridien a été supplanté par des techniques plus modernes alliant satellite et horloge atomique.

Intérêts pédagogiques

L'approche muséographique du méridien de Greenwich au sein du Paléospace est une excellente occasion pour les élèves de comprendre que l'étude d'un phénomène ou d'un événement requiert une forte interdisciplinarité. Durant leur visite, les élèves étudient les domaines tels que les sciences (astronomie, mécanique, métrologie,

etc.), la géographie, l'histoire et l'histoire des sciences.

Cet espace peut permettre d'aborder des points du programme par un nouveau biais. Pour vous aider, voici un tableau récapitulant les liens entre le programme scolaire et la salle du méridien de Greenwich :

Programmes scolaires		Exemples de traitements pédagogiques du site du Méridien de Greenwich appliqués aux programmes scolaires
Thèmes	Sous-thèmes	
Cycle 2		
Découverte du monde Se repérer dans l'espace et le temps.	Découvrir des formes usuelles de représentation de l'espace (photo, carte, mappemonde, etc...).	Passer d'une vue aérienne de Villers à une carte en y ajoutant peu à peu les éléments cartographiques. Introduire les notions de localisation spatiale. Repérer Villers sur un globe.
	Repérer l'alternance jour/nuit, les semaines, les mois, les saisons.	Comprendre le lien entre mouvements de la terre et calendrier en utilisant les maquettes présentes dans le musée.
	Utiliser des outils de repérage et de mesure du temps : calendrier, horloge.	Utiliser les instruments anciens de mesure du temps du musée pour aborder ces notions.
Cycle 3		
Sciences expérimentales et technologie	Le repérage du temps : lecture de l'heure et du calendrier.	Utiliser les instruments anciens de mesure du temps du musée pour aborder ces notions.
	Les durées : unités de mesures des durées, calcul de la durée écoulée entre deux instants.	Utiliser les instruments anciens de mesure du temps du musée pour aborder ces notions. Faire le lien entre les mouvements de la Terre et les mesures du temps.
	Le ciel et la Terre : Le mouvement de la Terre et des planètes autour du Soleil, la rotation de la Terre sur elle-même, la durée du jour et son changement au cours des saisons, le mouvement de la lune autour de la Terre.	Comprendre le lien entre mouvements de la Terre et calendrier en utilisant les maquettes présentes dans le musée.
	Le temps des grandes découvertes.	Utiliser les instruments anciens de mesure pour aborder les grandes découvertes.
	Des réalités géographiques locales à la région où vivent les élèves.	Découvrir le patrimoine local et le lien fort qui unit Villers à la géographie par la présence du méridien de Greenwich.



Programmes scolaires		Exemples de traitements pédagogiques du site du Méridien de Greenwich appliqués aux programmes scolaires
Thèmes	Sous-thèmes	
5 ^{ème}		
Histoire	Les découvertes européennes et la conquête des empires.	Replacer les grandes découvertes maritimes dans l'histoire de la conquête de la longitude.
	La révolution de la pensée scientifique aux XVI ^e et XVII ^e	Utiliser l'exemple du défi de la mesure précise de la longitude pour l'avancée de la connaissance scientifique.
4 ^{ème}		
Histoire	L'Europe et les Lumières	Replacer l'histoire de la quête de la longitude dans l'Europe du XVIII ^e siècle.
2 ^{nde} générale		
Histoire	Nouveaux horizons géographiques et culturels des Européens à l'époque moderne - Essor d'un nouvel esprit scientifique et technique (XVI-XVIII ^e siècle)	Utiliser l'exemple du défi de la mesure précise de la longitude pour l'avancée de la connaissance scientifique.
Cycle terminal		
Histoire	L'âge industriel en Europe.	Envisager l'ère industrielle sous l'angle de l'uniformisation nécessaire de l'espace et du temps.

Latitude et Longitude

Depuis l'Antiquité, les hommes ont cherché à se repérer sur la terre et à définir les coordonnées géographiques d'un lieu. A priori cela peut sembler aisé : il suffit de mesurer la distance entre les villes dont on souhaite connaître les coordonnées. Toutefois la présence d'obstacles naturels rend la tâche difficile et la sphéricité de la terre ne simplifie pas le problème.

En réalité, le principe de coordonnées géographiques n'est pas évident car il repose sur des distances angulaires or à celles-ci correspondent des distances linéaires très variables en fonction de l'endroit où l'on se trouve. Ainsi deux villes distantes de 1° de longitude seront situées à seulement quelques mètres si elles sont localisées près d'un pôle (haute latitude) ou espacées de plus de 100 km si ces deux villes sont proches de l'équateur (basse latitude) !

Les coordonnées géographiques d'un lieu sont définies par sa latitude et sa longitude

Définition et mesure de la latitude

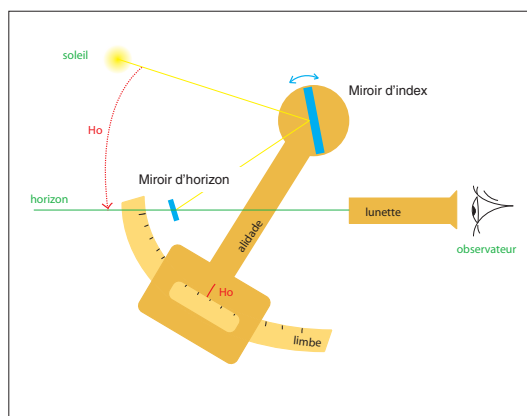
La latitude est la distance angulaire d'un lieu par rapport à l'équateur. Elle varie de 0° à $+90^\circ$ pour l'hémisphère nord et de 0° à -90° pour l'hémisphère sud.

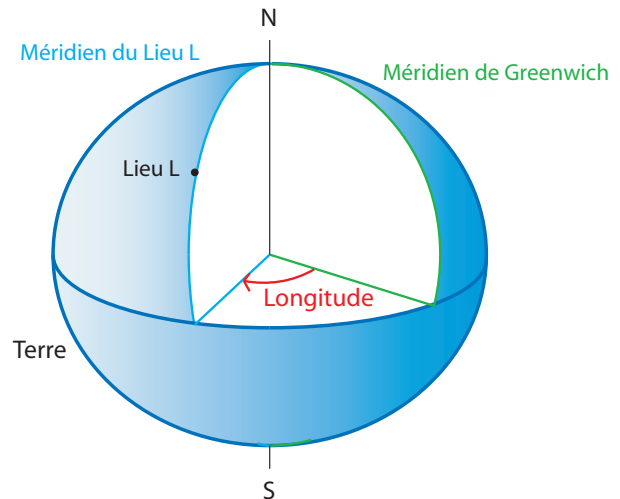
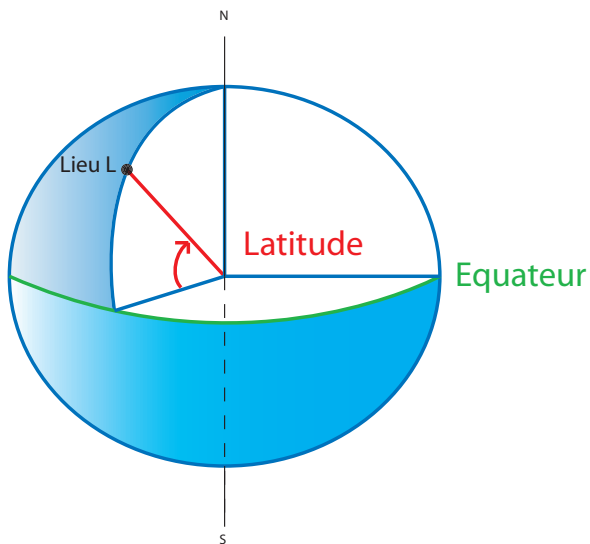
Le principe de la mesure de la latitude est connu depuis l'Antiquité. Ainsi, Ptolémée (premier siècle de notre ère), considéré comme le premier cartographe du monde occidental, va calculer de façon assez précise la latitude de nombreuses villes antiques en mesurant la durée du jour le plus long de l'année.

Par la suite, on utilise la mesure de la hauteur du soleil dans le ciel pour mesurer la latitude. De nombreux instruments de mesure ont été inventés et perfectionnés au cours du temps :

bâton de Jacob ou arbalétrille, quart de cercle, quartier anglais. Au XVIII^e siècle, ces instruments sont à nouveau améliorés pour aboutir au sextant, instrument qui peut encore être utilisé de nos jours par les marins en cas de défaillance du système GPS. Le sextant permet des mesures précises de la latitude grâce au principe de double réflexion : un système de miroirs permet de viser à la fois l'horizon et le soleil.

Le sextant mesure la hauteur d'un astre dans le ciel par rapport à l'horizon. Si l'on mesure la hauteur du soleil lors de son passage au méridien, on peut alors calculer la latitude du lieu (il faut alors connaître la date de l'année pour connaître la déclinaison du soleil, c'est-à-dire le parallèle où le soleil se trouve au zénith entre les deux tropiques. La variation de déclinaison, dont découlent les saisons, varie de façon prévisible tout au long de l'année ; les marins possédaient des tables astronomiques contenant ce type de renseignements).



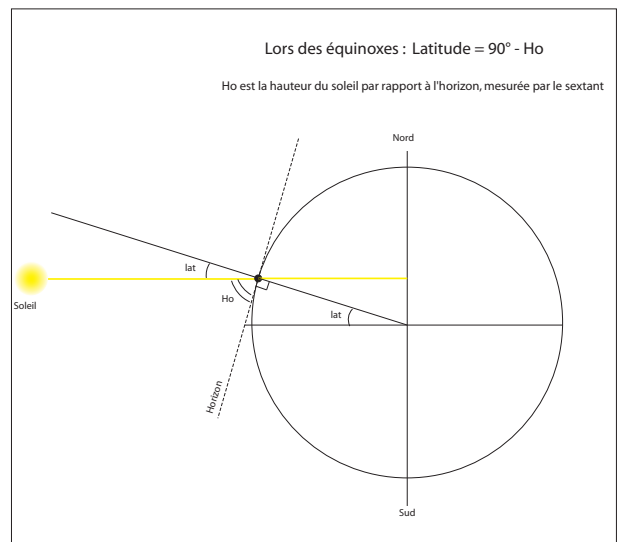


Définition et mesure de la longitude

La longitude est la distance angulaire d'un lieu par rapport au méridien de Greenwich. Elle varie de 0° à $+180^\circ$ lorsque ce lieu se trouve à l'Ouest du méridien origine et de 0° à -180° lorsqu'il est à l'Est.

La mesure précise de la longitude a été extrêmement difficile à obtenir. Il faut attendre la fin du XVIII^e siècle pour qu'enfin les Hommes mettent au point une technique et des instruments suffisamment fiables.

Pourtant le principe était connu depuis longtemps : il suffit de connaître son décalage horaire (entre l'heure locale et l'heure de son port de départ) pour connaître sa longitude ! En effet la terre fait un tour complet sur elle-même, soit 360° , en 24 heures. Elle tourne donc de 15° en 1 heure : 1 heure de décalage horaire signifie que l'on a parcouru 15° de longitude. L'invention de chronomètre de marine a permis de résoudre le problème de détermination précise de la longitude.



Ci-dessus : le lien entre la mesure du sextant et la latitude lors des équinoxes de printemps et d'automne.

En dehors des équinoxes, il faudra tenir compte de la déclinaison du soleil et le calcul devient :

$$\text{Latitude} = 90^\circ - H_0 + \text{déclinaison.}$$

La quête de la longitude

La navigation à l'estime

Au cours du Moyen-Âge, l'utilisation de la boussole puis du loch va permettre l'essor de la navigation en pleine mer et lancer les Grandes Découvertes. Ces deux instruments permettent d'estimer la position du bateau sur une carte. Ce type de navigation est appelé navigation à l'estime, la précision de son positionnement n'étant pas vraiment au rendez-vous !

La boussole, grâce à son aiguille aimantée, permet de connaître le cap du bateau. Le loch est un instrument qui permet d'estimer sa vitesse. Au départ, il s'agissait d'une simple bûche de bois lancée par-dessus bord, mais il s'est ensuite perfectionné pour devenir une petite planche de bois accrochée à une corde comportant des noeuds à intervalles réguliers. Les marins jetaient la planche dans la mer pendant un temps déterminé (sablier) puis comptaient le nombre noeuds sur la corde qui s'était déroulée, entraînée dans l'eau par la vitesse du bateau. Le nombre de noeuds permet d'estimer la vitesse du navire. Munis du cap et de la vitesse du bateau, le capitaine était alors capable de pointer sur la carte sa propre position.

Malheureusement cette méthode de navigation est peu fiable car beaucoup de facteurs ne sont pas pris en compte, notamment la dérive du bateau, poussé par les vents ou la vitesse des courants marins. Il faut aussi imaginer que les cartes des mers étaient encore très peu précises. Cela explique pourquoi de nombreux bâtiments sombraient corps et biens sur des récifs qu'ils pensaient ne pas avoir encore atteints ou pourquoi des équipages mourraient de soif et de faim après avoir manqué leur escale...

Le XVIII^e siècle et la quête de la longitude

A partir de la fin du XVIII^e siècle, s'engage une véritable quête de la longitude.

Les nombreux naufrages ou pertes de navires par mésestimation de leur positionnement en mer commencent à alarmer les grandes puissances maritimes comme le Royaume-Uni, la France ou encore l'Espagne. A cette époque, le calcul de la latitude par mesure de la hauteur des astres est bien connu et assez précis. Quant à la longitude, si à cette époque elle peut être calculée sur la terre ferme, le problème reste entier en pleine mer où le roulis du bateau et les conditions météorologiques posent des problèmes alors insolubles.

La France et la Grande-Bretagne décident de mettre tout en oeuvre pour remédier à ce problème en faisant appel à leurs savants et en mettant en place des prix de récompense conséquents pour celui qui trouverait la méthode précise du calcul de la longitude. Deux courants s'affrontent alors féroce : les astronomes, persuadés que seul le mouvement des astres permettra la mesure de la longitude, et les partisans de la méthode chronographique, c'est-à-dire l'utilisation d'un garde-temps.

L'astronomie et la mesure de la longitude

En 1610, Galilée, l'inventeur de la lunette astronomique, va découvrir les satellites de Jupiter. En plus de cette formidable avancée pour l'astronomie, il s'aperçoit que les éclipses de ces lunes ont lieu à des moments précis.

Galilée pense donc à créer des tables astronomiques de ces événements pour les utiliser comme des horloges naturelles. Grâce aux tables, il serait possible de connaître le décalage horaire

avec lequel se déroule l'éclipse de lune que le navigateur est en train d'observer par rapport à un point connu sur terre. Or connaître son décalage horaire revient à connaître sa longitude.

Le problème d'une telle méthode est qu'il est très difficile de faire des mesures précises sur un bateau sans cesse en mouvement, sans parler de l'importance d'avoir un temps dégagé pour faire des observations astronomiques. En bref, la méthode de Galilée permet de mesurer les longitudes sur terre et non en mer... Mais cela reste limité car les connaissances astronomiques sont encore balbutiantes.

En 1667, l'Observatoire de Paris est créé par Louis XIV et confié à l'astronome Cassini. En Angleterre, 29 ans plus tard, Charles II crée l'Observatoire royal de Greenwich mené par Flamsteed. Ces grandes institutions auront pour but d'améliorer les connaissances sur l'astronomie notamment afin de résoudre le problème des longitudes.

Pendant le XVIII^e siècle, les astronomes vont tenter de mettre au point la méthode des distances lunaires pour calculer avec précision la longitude. Le principe est d'utiliser les mouvements de la lune par rapport au reste des astres et d'utiliser ces mouvements comme une horloge. Les astronomes travaillent donc sur la conception de tables horaires du trajet de la lune sur le fond étoilé.

Un travail de longue haleine tant les mouvements de la lune sont complexes. Cette méthode astronomique sera finalement supplantée par la simplicité et la précision d'une... petite horloge !

Les horloges et la mesure de la longitude

Dans le même temps, d'autres savants tentent une autre voie pour calculer la longitude. Puisqu'il suffit de connaître son décalage horaire pour connaître sa longitude, il faudrait donc être capable de garder en permanence l'heure de son port de départ avec une grande précision. Or à cette époque, les horloges existent mais si

leur exactitude est suffisamment bonne sur terre grâce au système de balancier, en mer ce dernier ne peut entretenir un mouvement régulier en raison du tangage et du roulis ! En moyenne, les horloges de l'époque variaient d'une minute par jour. Cela semble faible, pourtant il faut se rendre compte qu'une minute de retard par jour sur le chronomètre d'un bateau peut entraîner jusqu'à 30 km d'erreur sur la position du navire (cela varie évidemment en fonction de la latitude). Ainsi pour un voyage de 7 semaines pour rejoindre les Antilles, il se crée une erreur de plus de 1000 km pour un voyage comptant moins de 6000 km !

Le défi est donc de trouver un garde-temps capable de tenir l'heure avec moins d'une seconde de retard par jour.

Cette prouesse technologique va être réalisée par un charpentier passionné par l'horlogerie : John Harrison (1693-1776, Angleterre). Dès 1720, il fabrique une horloge qui ne retarde que d'une seconde par mois ! Cette incroyable précision est liée à plusieurs innovations de son cru, notamment au niveau du système du balancier et de l'échappement. Harrison ne s'arrête pas là, pendant 50 ans il va perfectionner son invention et créer de nouveaux chronomètres. Grâce à Cook, navigateur et explorateur britannique, il aura même l'occasion de tester lors de plusieurs voyages l'efficacité de ses horloges. Il tente à plusieurs reprises de faire valoir ses inventions et de récolter un prix de 20 000 livres (Longitude Act) promis par le roi à toute personne qui serait capable de mesurer la longitude en mer à $\frac{1}{2}^\circ$ près... ! Il semblerait que les astronomes aient rechigné à déclarer que leur méthode était bien moins efficace que les chronomètres d'Harrison...

Après la mort d'Harrison, des horlogers se mettent à la construction de chronomètres de marine tout aussi précis. Mais ceux-ci restent encore très chers. Leur relative démocratisation viendra un peu plus tard. La quête de la longitude s'achève donc à l'aube du XIX^e siècle.

Le méridien de Greenwich

À la fin du XIX^e siècle, l'essor économique de l'Occident va bouleverser de façon irrémédiable notre mode de vie. L'avènement du chemin de fer, la naissance du télégraphe mais aussi la navigation maritime commerciale rendent désormais les communications plus aisées et surtout plus rapides... et posent de nouveaux problèmes. Si la mesure précise de la longitude est alors acquise, un autre problème se pose. Chaque pays possède son propre méridien origine : en France, le méridien de Paris, en Angleterre celui de Greenwich, certains utilisent également le méridien de l'île de Fer (Canaries)... La situation devient ingérable et l'idée d'uniformiser le méridien premier commence à émerger.

Une autre situation très complexe concerne l'heure. A cette époque, l'heure légale est l'heure solaire : quand le soleil est à son point culminant, il est midi. Mais ce temps vrai pose de nombreux problèmes. Tout d'abord, il varie en fonction de la longitude. Cela signifie donc que l'heure n'est pas la même en fonction de la ville dans laquelle on se trouve ! Ainsi, un télégramme partant de Strasbourg à une heure solaire donnée, valable uniquement dans cette ville arrive plus tôt à l'heure solaire locale de Brest que l'heure indiquée sur le télégramme... Un véritable paradoxe !

Le 1^{er} octobre 1884, débute à Washington l'« International Meridian Conference ». Ce sommet, proposé par les USA, réunit 25 pays ayant répondu à l'appel lancé quelques mois plus tôt. Le but de cette réunion exceptionnelle est de fixer un méridien origine international et de mettre au point un système standard de temps au niveau mondial. Sur un mois, les représentants des différents pays vont discuter des différentes propositions et voter des résolutions. La plus importante est l'adoption du méridien de Greenwich comme méridien origine international pour la mesure des longitudes.

La France était réticente à voter pour le méridien de Greenwich et lui préférait grandement le méridien de Paris. Toutefois la France accepte de s'incliner et de voter pour le méridien de Greenwich en échange de la promesse de la Grande-Bretagne de passer au système métrique ! La conférence de Washington et l'adoption du méridien de Greenwich a également permis d'installer très rapidement un système de fuseaux horaires international. Toutes les zones géographiques comprises dans un même fuseau horaire possèdent la même heure : le temps universel (UT) ou temps GMT (Greenwich Mean Time) corrigé d'un nombre entier d'heures.

Et aujourd'hui ?

Depuis l'avènement de l'ère spatiale dans les années 1970, le méridien de Greenwich n'est plus, au sens strict, le méridien origine. Ce dernier est maintenant défini mathématiquement par l'intermédiaire des stations du système GPS.

De même, le temps GMT fondé sur le temps de rotation de la Terre a dû être abandonné. En effet, la vitesse de rotation de la Terre ralentit, ce qui provoque un raccourcissement de la durée du jour de 1,6 milliseconde par siècle ! Ces fluctuations sont imperceptibles à l'échelle humaine (cela représente une perte d'une heure... sur 200 millions d'années) mais certains domaines de l'activité humaine requièrent d'avoir une référence de temps extrêmement précise (communication par satellite, expérimentation scientifique, etc.). Il est donc décidé d'abandonner le temps GMT basé sur l'horloge Terre pour le temps UTC (temps universel coordonné) basé sur l'horloge atomique. En effet, à partir des années 1950, les physiciens développent des horloges extrêmement précises basées sur les propriétés de l'atome.

Bibliographie

Livres

- SOBEL Dava, 1995. *Longitude*, Editions Point Sciences, 193 p.
- HOWSE Derek, 1997. *Greenwich time and the longitude*, Philip Wilson Publishers, 199 p. (en anglais)
- SAVOIE Denis, 2006. *Cosmographie, comprendre les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes*, Editions Belin Pour la Science, 127 p.
- SAVOIE Denis, 2003. *Les cadrans solaires*, Editions Belin Pour la Science, 127 p.
- LEFORT Jean, 2004. *L'aventure cartographique*, Editions Belin Pour la Science, 319 p.

Site internet

Histoire de l'astronomie et de l'Observatoire de Paris :

www.grandpublic.obspm.fr/Quelques-pages-d-histoire

Logiciel gratuit pour fabriquer des cadrans solaires :

www.cadrans-solaires.com

Histoire de l'astronomie, de la navigation, du méridien de Greenwich :

www.nmm.ac.uk/explore

Crédits photos

- G.WAIT, P. LEBRIS, agences GID & INCA, Observatoire de Paris



PALEOSPACE

La Normandie Jurassique

www.paleospace-villers.fr