

donné sans secondes intercalaires et le Temps universel.

L'abandon des secondes intercalaires perturberait aussi les horloges et les dispositifs de télécommunication où la gestion des secondes intercalaires est intégrée. Des changements statutaires et réglementaires seraient également nécessaires dans les législations nationales, pour lesquelles le temps astronomique est l'étalon explicite ou implicite.

À plus long terme, sans secondes intercalaires, l'écart entre l'UTC, calé sur le temps atomique, et l'UT1, fondé sur le rythme réel du jour et de la nuit, va continuer à croître. L'heure officielle et l'heure vraie indiquée par les mouvements du Soleil vont lentement se décaler. En poussant à l'extrême, si rien n'est fait, il sera un jour midi à minuit, et la date du jour changera en plein milieu de la journée!

Des ajustements encore plus conséquents que les secondes intercalaires, mais plus espacés – des minutes ou des heures intercalaires – seront ainsi indispensables. Il n'est pas *a priori* évident que ces ajustements soient plus faciles à mettre en œuvre que les secondes intercalaires.

Le ciel, gardien du temps

Certes, aucun système de décompte du temps ne peut durer indéfiniment. Même le calendrier grégorien nécessitera un jour des ajustements par l'ajout de jours intercalaires exceptionnels, ou cédera la place à un calendrier plus précis, car ses règles ne sont elles aussi que des approximations des relations astronomiques réelles.

De même, dans sa forme actuelle, le Temps universel coordonné ne fonctionnera plus dans un millier d'années : à cette époque, pour le synchroniser avec le Temps universel, il faudra plus de secondes intercalaires qu'il n'y a de mois où les ajouter ! En effet, si la durée du jour solaire a en moyenne raccourci ces dernières années en raison de phénomènes géophysiques internes à notre planète, sur le long terme, le jour solaire va s'accroître de quelques millisecondes chaque siècle, à cause des forces de marée exercées par la Lune. La durée actuelle du jour astronomique est d'environ 86 400,001 secondes. Nous avons donc besoin d'une seconde intercalaire tous les deux à trois ans. Dans 50 000 ans, le jour astronomique vaudra environ 86 401 secondes. Avec le système actuel,



6. LE TEMPS ATOMIQUE INTERNATIONAL est établi par le Bureau international des poids et mesures (BIPM), situé à Sèvres, près de Paris, à partir des mesures de plus de 300 horloges atomiques réparties dans le monde entier (points rouges). L'insertion des secondes intercalaires pour maintenir le temps atomique à moins de 0,9 seconde du Temps universel, réglé sur la rotation de la Terre, est décidée par l'ERS (*International Earth Rotation and Reference Systems Service*), hébergé à l'Observatoire de Paris.

une seconde intercalaire serait alors nécessaire chaque jour !

Il est intéressant d'imaginer comment les générations futures s'adapteront à cette situation. Comme toute technologie, les horloges en disent beaucoup sur les civilisations. Mais le décompte du temps est un problème actuel et continuera à l'être durant les décennies et les siècles à venir. Nous aurons toujours besoin de distinguer la nuit du jour, de diviser nos journées en heures et de fixer la date des événements importants.

Il n'existe pas de consensus dans les milieux industriels et universitaires, ni dans les instances gouvernementales sur la modification du Temps universel coordonné et la suppression des secondes intercalaires. Mais si nous brisons le lien entre le temps et les cycles astronomiques, nous ne sommes pas certains de pouvoir le renouer un jour. Même si les secondes intercalaires étaient supprimées, le problème sous-jacent – comment concilier l'avance constante du temps atomique sur le temps astronomique – ne disparaîtra jamais. En outre, l'UTC reste la base légale du décompte du temps civil dans la plupart des pays ; c'est une convention qui ne devrait pas être modifiée par caprice. Les délibérations de l'ITU-R résoudront-elles ou amplifieront-elles ces problèmes ? Seul... le temps nous le dira. ■

✓ SUR LE WEB

Site de l'ITU :
<http://www.itu.int/home/>

Site du BIPM : <http://www.bipm.fr/>

Site de l'ERS :
<http://hpiers.obspm.fr/>

✓ BIBLIOGRAPHIE

D. Savoie, **Vers une nouvelle échelle de temps ?**, *Revue du Palais de la Découverte*, n° 377, novembre-décembre 2011.

D. Finkleman *et al.*, **The debate over UTC and leap seconds**, *AIAA Paper* 2010-8391, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2010.

D. Savoie, **Dates, ères, styles et calendriers**, *Dossier Pour la Science* n° 42, janvier-mars 2004.
http://bit.ly/doss42_savoie

D. Savoie, **Les cadrans solaires**, Belin, 2003. <http://bit.ly/cadrans>

R. Nelson *et al.*, **The leap second : its history and possible future**, *Metrologia*, vol. 38, pp. 509-529, 2001.

J. Lefort, **La saga des calendriers**, Belin/Pour la Science, 1998.

L'ours spéléologue

Véritable musée de l'ours des cavernes, la grotte Chauvet nous permet de nous représenter cette espèce disparue et d'étudier son mode de vie ainsi que son génome.

Jean-Marc Elalouf et Valérie Féruglio

Il y a 40 000 ans, les premiers hommes modernes d'Europe vivaient dans un environnement très différent du nôtre. La calotte glaciaire de l'Arctique avait une extension considérable et les glaciers des Alpes parvenaient jusque vers Lyon, qui n'existait pas... La faune associée à ce climat froid comportait de nombreuses espèces éteintes. Certaines, comme le mammouth ou l'aurochs, ont survécu après la dernière période glaciaire qui s'est terminée il y a 10 000 ans, tandis que d'autres se sont éteintes avant ou vers la fin de cette période, tels l'hyène ou l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*).

Tout le monde a entendu parler de l'ours des cavernes, mais que savons-nous au juste de cet animal ? Il est possible aujourd'hui de profiter des collections du spectaculaire musée naturel dédié à *Ursus spelaeus* qu'est la grotte Chauvet pour dresser un bilan de nos connaissances sur cet ours préhistorique. Découverte il y a 18 ans en Ardèche, dans le Sud de la France, cette cavité contient au moins 4 000 ossements d'ours des cavernes, issus de 200 individus, et 13 représentations du géant disparu parmi 420 images animalières réalisées par des artistes préhistoriques.

1. L'OURS DES CAVERNES a disparu à la fin de la dernière période glaciaire, assez tard pour que les premiers hommes anatomiquement modernes d'Europe le rencontrent et le dessinent. Ses ossements, qui se sont accumulés par dizaines de milliers dans les grottes d'Europe, se prêtent à des analyses génétiques.

Les chercheurs qui étudient *Ursus spelaeus* disposent ainsi sur un même site de dessins de l'ours des cavernes réalisés il y a plusieurs dizaines de millénaires et d'os de cette même espèce contenant encore de l'ADN.

Aucun autre site connu ne recèle autant d'informations sur ce grand ours préhistorique. Comme nous allons le voir, l'histoire de l'ours des cavernes rappelle un peu celle de l'homme de Neandertal : cet homme robuste apparaît en Europe à peu près à la même époque que l'ours des cavernes, et disparaît aussi durant la dernière période glaciaire. Si l'on cherchait à résumer l'aventure terrestre de l'ours des cavernes dans un cadre chronologique humain, on pourrait, en forçant le trait, qualifier cet animal d'ours de Neandertal !

Une espèce éteinte

L'ours des cavernes était donc proche de son extinction lorsque des *Homo sapiens*, parmi les premiers d'Europe, l'ont représenté sur les parois de la grotte Chauvet. Ces artistes appartenaient à des groupes humains nomades ou semi-nomades, qui tiraient leurs moyens de subsistance de la chasse et de la cueillette.

Les sites d'occupation humaine nous permettent de savoir quels animaux étaient chassés et avec quels outils. Ces sites (abris sous roche, campements de plein air) renseignent ainsi sur la culture matérielle et le mode de vie des hommes préhistoriques. Les grottes, seulement occasionnellement occupées, montrent que l'interaction de l'homme avec l'animal ne se limitait pas à une relation prédateur-proie. Certains animaux, qui ne correspondaient pas forcément aux espèces chassées – et c'est le cas de l'ours des cavernes –, ont été représentés dans les grottes, au moyen de procédés divers et parfois très élaborés. Ces représentations picturales nous livrent quelques éléments de la vie spirituelle d'alors, sans doute aussi l'origine de mythes que les cultures successives ont peu à peu transformés. Et les représentations de l'ours des cavernes ont l'intérêt de fournir une inestimable information : le portrait d'une espèce éteinte.

Disparu durant la dernière période glaciaire à une date sur laquelle nous reviendrons, l'ours des cavernes est redécouvert et « naît » scientifiquement en 1794 grâce aux observations réalisées par Johann Christian Rosenmüller et Johann Chris-

tian Heinroth dans la grotte de Gailenreuth, en Allemagne. Bien que les ossements présents dans cette grotte aient d'abord été attribués à l'homme (!), puis à l'ours polaire, l'identification des os d'ours des cavernes ne présente pas vraiment de difficultés aux paléontologues. Le nom *Ursus spelaeus*, c'est-à-dire littéralement « ours des grottes », provient du fait que les premiers ossements ont été découverts en milieu souterrain, tout comme la quasi-totalité de ceux qui nous sont parvenus.

Plusieurs caractéristiques anatomiques différencient l'ours des cavernes des ours actuels, notamment de l'ours brun (*Ursus arctos*) qui était également présent en Europe durant le Paléolithique. Sa taille, en premier lieu, impressionne : la hauteur au garrot (distance du cou au sol pour un quadrupède) atteignait 1,20 mètre chez nombre d'individus et, dressé sur ses pattes arrière, l'animal pouvait étendre ses griffes à près de trois mètres de haut. La section transversale des os des membres, destinés à supporter le poids de l'animal, était nettement supérieure à celle observée chez l'ours brun. Cela suggère que la masse corporelle pouvait être le triple de celle d'un ours brun et avoisiner 500 kilogrammes chez le mâle.

La taille imposante du squelette et le caractère massif des os ne sont pas les seuls éléments permettant d'identifier l'ours des cavernes. Ils doivent d'ailleurs être relativisés, car la variabilité individuelle apparaît importante (certains sites livrent des individus « nains »), et les femelles étaient beaucoup plus graciles que les mâles. Nous sommes habitués à de telles variations au sein d'une espèce ou d'un sexe à l'autre. Il suffit de comparer, dans l'espèce humaine, un basketteur et un jockey, ou la stature d'un homme à celle d'une femme pour oublier les notions de poids ou taille moyens.

Heureusement, d'autres caractères morphologiques distinctifs sont présents chez l'ours des cavernes, et ceux qui sont susceptibles d'être traduits graphiquement méritent une attention particulière : ils aident à définir ce qui, dans l'art paléolithique, procède du naturalisme. Nous allons notamment porter notre attention sur la tête, car les dessins d'ours ne comportent parfois que cette partie de l'animal.

Le premier élément notable est le profil crânien. Contrairement à l'ours brun qui a un front fuyant, l'ours des cavernes a un stop frontal marqué, qui lui donne

L'ESSENTIEL

✓ L'ours des cavernes était une espèce d'Europe et d'Asie.

✓ Encore abondant il y a 30 000 ans, il disparaît il y a 25 000 à 15 000 ans selon les régions.

✓ La grotte Chauvet est le site idéal d'étude de ce grand animal, car elle renferme à la fois des représentations préhistoriques de cette espèce éteinte et de nombreux ossements.

✓ Inféodé aux grottes, où il hibernait, l'ours des cavernes était plus grand et plus végétarien que son lointain cousin l'ours brun.

✓ Les ours de la grotte Chauvet étaient des spécimens tardifs de l'espèce ; leur diversité génétique était faible.

MCC, CNP Périgueux