

Dans les Pyrénées

L'école d'été 1985 de Formiguères n'avait pas reçu le statut d'Université d'été qui avait honoré celle de 1984. Mais je me demande si pour la centaine des participants à l'une ou à l'autre cela a fait grande différence. L'organisation par l'équipe d'Orsay est désormais bien rodée. La camionnette, bourrée de matériel, apporte d'Orsay télescopes, ordinateur établi, outils et stock de bois pour les bricoleurs toujours nombreux et acharnés. Ouverture le 7 juillet à 17 h pour faire connaissance et commencer à choisir son emploi du temps : 29 groupes de travail proposés depuis "période et distance des pulsars" jusqu'à "faire le point" ; 24 ateliers diurnes parmi lesquels "construction et utilisation de la sphère armillaire" a toujours autant d'adeptes, ou encore "température du Soleil mesurée avec un thermomètre à mercure" (oui, mercure sans majuscule), etc

Exposés du matin mobilisant toute l'équipe d'Orsay, Lucette Bottinelli, Jacques Dupré, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Béatrice Sandré, renforcée par Florence Durret, Monique Gros et Georges Paturel. On remarquera que Béatrice Sandré a réussi l'exploit de travailler quatre jours à Steige avant de rejoindre Formiguères, localités effectivement voisines à l'échelle cosmogonique familière à Béatrice.

Une réflexion significative d'une stagiaire dans ses réponses au questionnaire de fin de stage ("l'interro") : "L'école d'été d'astronomie devrait servir de locomotive pour que les différents stages de formation soient aussi variés, aussi complets et aussi accrocheurs." Un avis que le CLEA ne manquera pas de communiquer aux services compétents de l'Education Nationale. Mais en est-il de compétents en locomotives ?

D'autres écoles d'été ont été organisées par l'ANSTJ (Association Nationale Sciences Techniques Jeunesse) pour les enseignants désirant mettre en place des PAE scientifiques. Sur les thèmes suivants : 1) Micro et mini fusées, 16-26 août, Bourgueil ; 2) Informatique et robotique, 1-11 juillet, Dijon ; 3) Photo-interprétation 1-7 juillet, Rennes ; 4) Energie solaire, 1-11 juillet, Odeillo. Nous regrettons d'en avoir reçu l'annonce trop tard pour la publier dans le Cahier 29. Nous serions heureux d'en recevoir des échos.

G.W.

A PROPOS DE LA DUREE DU CREPUSCULE

Note de la rédaction : René Dumont a donné dans le Cahier n°29 une première réponse à la question posée par nos amis de Limoges sur la durée variable du crépuscule selon les saisons. Voici aujourd'hui la réponse circonstanciée de Jacques Vialle, correspondant du CLEA pour l'académie de Poitiers. Ce qui n'épuise peut-être pas le sujet.

Le crépuscule civil va du coucher du Soleil au moment où celui-ci franchit le cercle de hauteur -6° (ou de cet instant au lever du Soleil pour le crépuscule du matin encore appelé aube). Cette période n'a aucune importance sur le plan astronomique, mais elle intéresse énormément la vie civile: en principe, au moment où se termine le crépuscule civil du soir, les véhicules circulant sur route doivent allumer leurs feux et les phares et balises de navigation doivent être en fonctionnement. Egalement, les pilotes civils non qualifiés pour le vol de nuit doivent être rentrés au terrain. Les règlements de l'aviation civile fixent la durée du crépuscule à trente minutes après le coucher du Soleil (ou trente minutes avant le lever) mais cette durée n'est que très approximative ; il existe en effet une variation saisonnière de plusieurs minutes avec une durée minimale aux équinoxes. L'explication de ce fait est assez simple dès lors qu'on raisonne sur une sphère et s'applique bien évidemment au cas du crépuscule nautique (fin ou début quand le Soleil franchit le cercle de hauteur -12°) et au crépuscule astronomique (fin ou début quand le Soleil franchit le cercle de hauteur -18°). Dans ce qui suit, on négligera les effets de la réfraction atmosphérique et on admettra une latitude géographique $\varphi = 46^\circ$.

La figure 1 montre ce qui se passe à la tombée de la nuit (ou au lever du jour). Les cercles de hauteur 0° (horizon) et -6° interceptent une certaine fraction de la trajectoire apparente du Soleil sur la sphère céleste. On

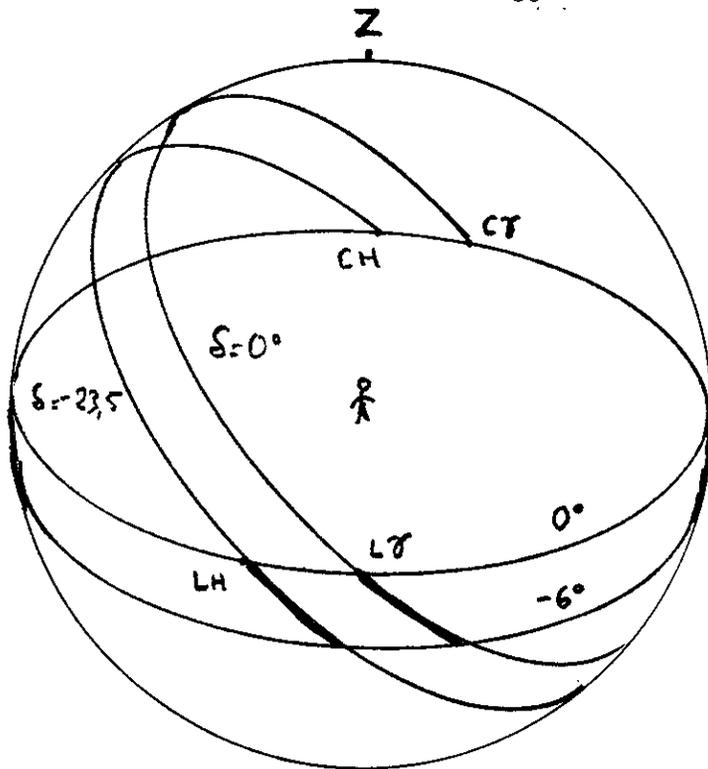


fig 1 : trajet apparent du Soeill pendant la durée du crépuscule civil.

LH : lever hiver
 CH : coucher hiver
 LX : lever équinoxe
 CY : coucher équinoxe

pourrait penser que les arcs de trajectoire interceptés sont égaux comme la figure peut le faire croire ; il n'en est rien. En effet, les mesures de l'arc d'hiver ($\delta = -23^{\circ},45$) et de l'arc de l'équinoxe sont différentes car les degrés du petit cercle de déclinaison $-23^{\circ},45$ sont "moins longs" que ceux du grand cercle de déclinaison 0° . Et ce sont les mesures en degrés qui sont proportionnelles aux durées et non les longueurs des arcs. En d'autres termes, les deux cercles de hauteur 0° et -6° interceptent une portion plus importante (en durée) de la trajectoire apparente du Soleil en hiver qu'à l'équinoxe et le crépuscule, de ce fait, dure plus longtemps. En outre, l'angle entre l'horizon et la trajectoire apparente du Soleil n'est pas constant et varie selon la déclinaison ; la conséquence est que le Soleil "rase" davantage l'horizon aux solstices qu'aux équinoxes ce qui accentue encore la durée du crépuscule. Bien entendu, un raisonnement analogue conduirait aux mêmes conclusions en ce qui concerne l'été.

Il est possible de calculer la durée théorique du crépuscule en utilisant les formules de la trigonométrie sphérique. Un triangle sphérique a pour côtés des arcs de grands cercles joignant ses sommets ; si on connaît les mesures de ses trois côtés on peut calculer les mesures des trois angles (qui sont, en chaque sommet l'angle des tangentes aux côtés). Or, comme le montre la figure 2, le Soleil forme avec le zénith Z et le pôle céleste boréal P un triangle sphérique dont on connaît la mesure des trois côtés:
 mesure du côté Z-S = distance zénithale du Soleil = z
 mesure du côté Z-P = distance zénithale du pôle = $90 - \varphi$
 mesure du côté S-P = complémentaire de la déclinaison de S = $90 - \delta$

Une application des formules classiques de la trigonométrie sphérique permet alors de calculer les trois angles et notamment l'angle en S entre le vertical SZ du Soleil et le cercle d'ascension droite du même Soleil, ainsi que H qui n'est autre que l'angle horaire du Soleil, angle entre le méridien du lieu (qui contient Z-P) et le cercle d'ascension droite du Soleil Z-P (encore appelé cercle horaire du Soleil). On trouvera ces formules dans un traité d'astronomie fondamentale, par exemple Astronomie générale de A. Danjon, p24 et 53-54.

$$\operatorname{tg} \frac{H}{2} = \sqrt{\frac{\cos(\varphi - \delta) - \cos z}{\cos(\varphi + \delta) + \cos z}} ; \operatorname{tg} \frac{S}{2} = \sqrt{\frac{\sin(\delta + z) - \sin \varphi}{\sin \varphi - \sin(\delta - z)}}$$

On vérifie que si le Soleil est sur l'équateur céleste ($\delta = 0^\circ$), il se couche ($z=90^\circ$) exactement six heures après être passé au méridien. Dans ces mêmes conditions, la trajectoire du Soleil fait avec l'horizon un angle de 46° , le complémentaire de l'angle en S du triangle sphérique.

Le tableau suivant résume la valeur de l'angle en S pour $z=90^\circ$ et les valeurs de l'angle horaire H aux différentes saisons :

Déclinaison du Soleil	angle en S pour $z=90^\circ$	angle horaire H		durée du crépuscule
		$h = -6^\circ$ $z = 96^\circ$	$h = 0^\circ$ $z = 90^\circ$	
$-23^\circ,45$	$38^\circ,36$	4h53	4h13	40 min
0°	44°	6h34	6h	34 min
$+23^\circ,45$	$38^\circ,36$	8h31	7h46	45 min

La table de la page 72 des Ephémérides du Bureau des Longitudes donne des valeurs légèrement inférieures pour la durée du crépuscule (respectivement 36, 31 et 40 min), c'est parce que le calcul qui a conduit aux valeurs données dans le tableau ci-dessus néglige l'effet de la réfraction atmosphérique.

Jacques Vialle

