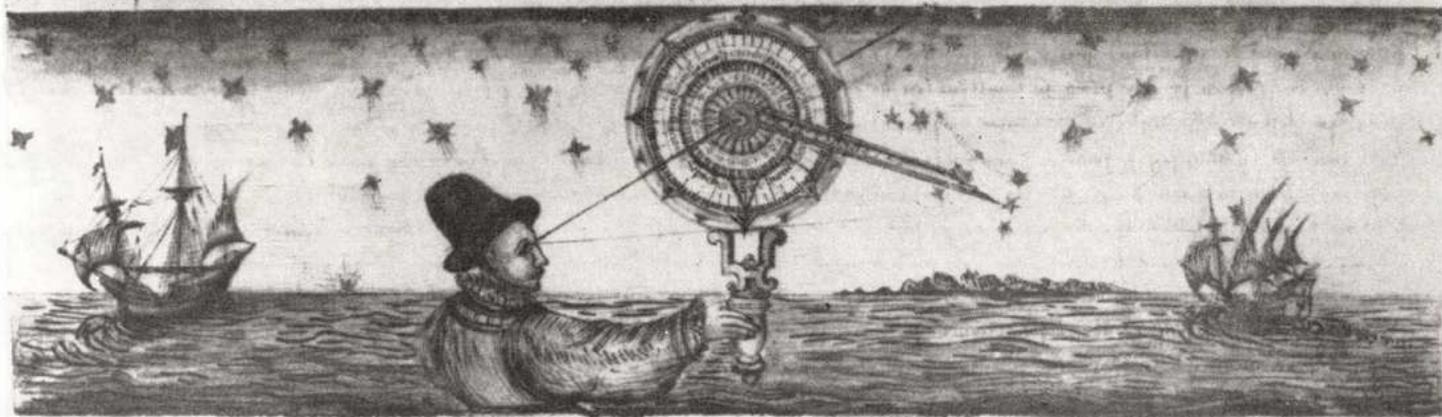


ASTRONAV : Programme de calcul de la position des astres

L'usage de Cest Instrument

Quand vous desirerez sçavoir quelle heure il sera par ledit niveau si vous commencera par le l'index des 12 heures de la petite roue des heures...
 Et plongez vostre niveau tant que le ray de vostre veue de vostre œuil passe par le pectus du centre de l'instrument et regarde l'estoille du nord...
 Et pliez tant au hauffez la cadence dudit instrument jusqu'à ce que soit au droit de ladite estoille de garde. En regardant aussi toujours ladite estoille du nord par ledit pectus du centre d'iceluy instrument...
 L'heure quel sera alors. Aussi ladite cadence vous démontrera des plus ledit niveau le rang de vent auquel seront les quarts l'usage cyeste maniere



Instrument pour les étoiles. (Palais de la Découverte.)

Un programme de calculs astronomiques... Dans quel but ?

A l'origine, il s'agissait de résoudre un problème courant de photo-interprétation en archéologie aérienne (1) : la connaissance de la direction des ombres en fonction de l'heure et de la zone de prise de vue permet une parfaite orientation de la photographie par rapport à la carte et facilite ainsi la localisation.

La recherche d'une solution pratique rapide et précise nous a conduit à utiliser une calculatrice programmable de poche. Nous avons choisi la Texas TI 59 en raison de la facilité de stockage du

programme et des données sur cartes magnétiques, de sa puissance supplémentaire de calcul, du fait des modules incorporés, et enfin en raison de la simplicité de la notation algébrique utilisée. L'adjonction d'une imprimante augmente le confort du travail au bureau cependant que la faible taille de la machine permet de toujours l'avoir avec soi en mission sur le terrain. Les résultats obtenus sont surprenants, surtout par la rapidité et la précision (meilleure que la minute d'angle dans la majorité des cas) ce qui tout naturellement conduit à envisager d'autres applications que la photo-interprétation.

Il est évident que pour certains de nos lecteurs, l'astronomie constitue un monde bien à part, certes fascinant, mais pour lequel un minimum de connaissances de base s'impose.

Pour ceux qui sont habitués à la

navigation, aux calculs astronomiques, cet article leur sera d'un abord facile.

Mais cela n'est pas une raison suffisante et nécessaire pour ignorer le reste de nos lecteurs, aussi avons-nous à leur intention, rédigé

un encadré présentant quelques principes d'astronomie.

Ainsi espérons-nous leur faciliter la lecture de cet article et peut-être sera-t-il pour eux l'occasion de découvrir et prendre goût à l'astronomie.

(1) Manuel d'archéologie aérienne J. Dassié (voir bibliographie et encadré).

Quelques principes d'astronomie

Globe terrestre et sphère céleste

Qu'il veuille se déplacer à la surface de la Terre, ou qu'en un lieu déterminé, il souhaite se livrer à l'observation d'un astre ou d'un site géographique particulier, l'homme est toujours ramené à se situer dans un système à l'intérieur duquel il doit retracer la direction de son déplacement et positionner les objets de son observation.

Comme le montre la figure 1-A, pour déterminer la position d'un point (où se trouve notre observateur) sur le globe terrestre on procède à la mesure de sa **latitude** et de sa **longitude**.

A présent cet observateur veut pouvoir repérer des directions de l'espace. Pour cela il utilise une sphère de rayon arbitraire dont il occuperait le centre : la **sphère céleste** (fig. 1-B). Pour les besoins de nos observations, le centre de cette sphère est situé au centre de la Terre.

La rotation de la Terre autour de son axe entraîne la

révolution apparente des astres de l'est vers l'ouest. Situés dans le prolongement de l'axe de rotation de la Terre, les **pôles célestes** nord et sud sont les seuls à ne pas participer à ce mouvement.

Eloigné de 90° de l'horizon, le **zénith** est le point le plus haut de la voûte céleste. Son opposé est le **nadir**.

L'**équateur céleste** est le grand cercle perpendiculaire à l'axe céleste. Il est situé dans le plan de l'équateur terrestre.

Le plan définissant un grand cercle passant par l'horizon sud, le zénith, le pôle nord, l'horizon nord et le nadir est le **plan méridien**.

Coordonnées astronomiques

On peut repérer la position des astres sur la sphère céleste en se référant à des systèmes de coordonnées divers.

Coordonnées horizontales (fig. 2-A)

On appelle **cercle horizontal**, ou **cercle azimutal**, le cer-

cle passant par l'astre observé et parallèle à l'horizon. Le **cercle vertical** est le cercle passant par le zénith et l'étoile observée.

● La **hauteur**, H (ou site) d'un astre se compte le long du cercle vertical : c'est l'angle formé par le plan horizontal avec la direction de l'astre. De l'horizon au zénith elle se compte de 0° à 90° . Elle est négative pour les astres au-dessous de l'horizon.

● L'**azimut**, Z, est l'angle considéré suivant le sens de déplace-

cle qui passe par l'astre et est parallèle à l'équateur.

● La **déclinaison**, δ , comptée le long du cercle horaire, est l'angle de l'équateur céleste avec la direction de l'astre.

Positive pour l'hémisphère nord, négative pour l'hémisphère sud, elle varie de 0° sur l'équateur à $\pm 90^\circ$ pour les pôles.

● L'**angle horaire**, AH, est l'angle formé par le méridien de l'observateur et le cercle

Fig. 1 A. - Pour déterminer la position d'un point sur le globe terrestre on procède à la mesure de sa latitude et de sa longitude.

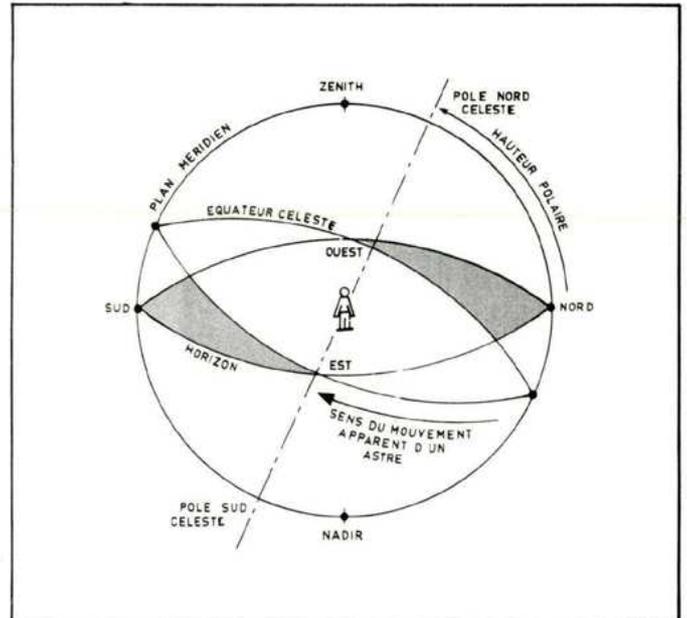
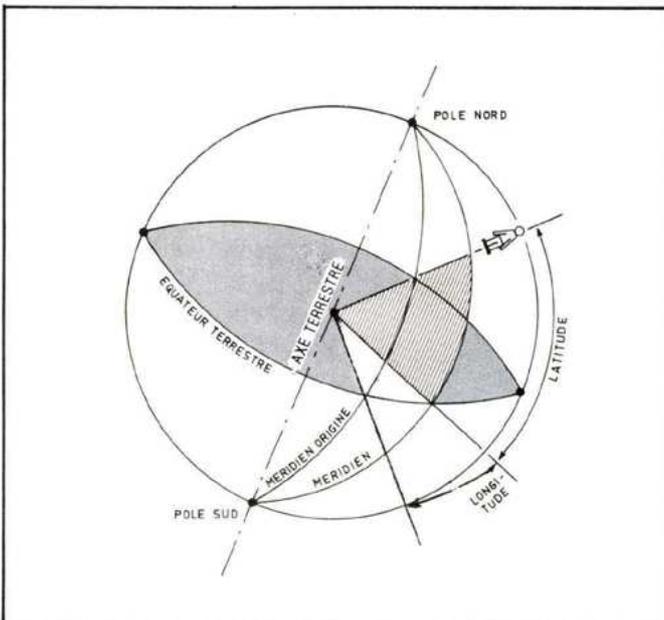


Fig. 1 B. - Pour pouvoir repérer les directions de l'espace, un observateur utilise une sphère de rayon arbitraire : la sphère céleste dont il occupe le centre.

ment apparent des astres (sens rétrograde), compté de 0° à 360° entre la direction du point du nord de l'horizon et celle de l'intersection du cercle vertical avec l'horizon.

A cause du mouvement apparent des astres dans le ciel, ces coordonnées varient constamment. De plus, elles dépendent du lieu d'observation.

Coordonnées horaires et équatoriales (fig. 2-B)

On appelle **cercle horaire** le grand cercle passant par les pôles célestes et l'astre observé.

Le **cercle parallèle** est le cer-

cle qui passe par l'astre et est parallèle à l'équateur. Le **méridien** est le demi-cercle passant par les pôles et le lieu d'observation. Il est compté dans le sens rétrograde et exprimé généralement en unités de temps. Pour la conversion des degrés en temps, il suffit de se rappeler de ce petit tableau :

Degrés	Temps
360°	24 H
15°	1 H
1°	4 mn
$15'$	1 mn
$1''$	4 s

● **L'ascension droite**, α , qui se compte sur l'équateur céleste, est l'angle compris entre le méridien passant par le point vernal, γ , et le cercle horaire. (Dans son mouvement apparent autour de la terre le soleil parcourt un grand cercle de la sphère céleste que l'on appelle **écliptique**. Le **point vernal**, ou point γ , est le point d'intersection de l'équateur céleste et de l'écliptique que le soleil franchit en traversant l'équateur céleste du sud au nord à l'équinoxe de printemps).

Cette ascension droite se

compte dans le sens direct et s'exprime en heures de 0 à 24 h.

L'ascension droite d'un astre est égale à la différence entre le temps sidéral (angle horaire du point vernal) et l'angle horaire.

● **Les coordonnées horaires** sont la déclinaison et l'angle horaire. L'angle horaire varie avec le temps.

● **Les coordonnées équatoriales** sont la déclinaison et l'ascension droite.

A propos de la définition du temps

La durée de la rotation ter-

restre peut s'apprécier de différentes manières.

— **Par rapport au soleil**

● Il est possible de définir un **jour solaire moyen**.

● C'est ce jour solaire moyen qui sert d'échelle à la mesure du **temps civil**.

● Pour recourir à un temps unique, les astronomes ont adopté comme référence le temps civil de Greenwich que l'on a appelé **Temps Universel: TU**.

● Le **temps local** résulte de la correction du TU de l'écart entre le premier méridien et le

méridien local, c'est-à-dire la longitude du lieu.

— **Par rapport aux étoiles**

● Ici aussi on a défini un **jour sidéral moyen**.

● En raison du mouvement orbital de la Terre autour du Soleil, jour sidéral et jour solaire diffèrent.

● De la même manière que l'on a défini un Temps Universel, on peut définir un Temps Sidéral, qui, corrigé de l'écart entre le premier méridien et le méridien local, donnera le **Temps Sidéral Local : TSL**.

Fig. 2 A. - Dans un système de coordonnées horizontales, on mesure la hauteur et l'azimut de l'astre observé.

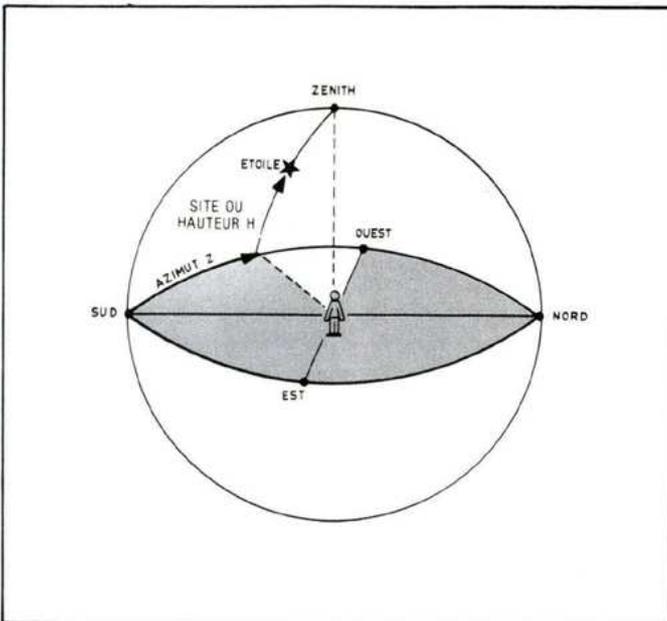
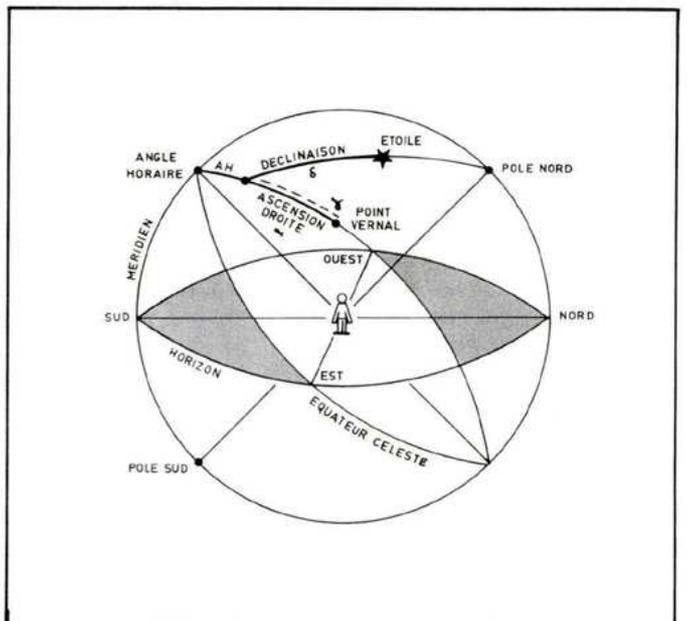


Fig. 2 B. - Les coordonnées horaires sont la déclinaison et l'angle horaire tandis que les coordonnées équatoriales sont la déclinaison et l'ascension droite.



Panorama des applications possibles

En astronomie, tout d'abord.

Pour observer un astre déterminé, il convient de relever ses **coordonnées équatoriales** d'ascension droite α et de déclinaison δ dans des éphémérides astronomiques (2), puis de se livrer à toute une série de petits calculs enchaînés.

Ce n'est pas compliqué, mais c'est long et les risques d'erreurs sont multiples. On obtient alors les **coordonnées horaires**: angle horaire AH et déclinaison δ , qui, après affichage sur un instrument convenablement orienté, permettront de voir l'astre choisi dans le réticule du chercheur.

Si l'on souhaite observer avec des moyens de fortune (3) ou avec un théodolite par exemple, il faut continuer les calculs et effectuer une transformation des coordon-

nées horaires, AH et δ , pour obtenir les **coordonnées horizontales** H; angle de site, et Z, angle d'azimut.

L'utilisation de la machine demande seulement d'introduire α

(2) Tables astronomiques donnant pour chaque jour de l'année la position des astres.

(3) Une simple tête panoramique de photographie, portant une graduation de site et de gisement, convient parfaitement pour identifier un astre. Il suffit de lui adjoindre un petit tube de carton et d'orienter son zéro vers le nord. Après affichage des coordonnées le tube permettra de faire une visée grossière mais suffisante pour identifier l'astre.



Attention ! La calculatrice programmable n'a toutefois rien de magique et pourrait conduire le plaisancier inexpérimenté à la situation de « barbu sur une île déserte »...

et δ de réf., quelques dizaines de secondes plus tard, le résultat est obtenu sous la forme AH, δ , du moment d'observation ou encore sous la forme H et Z, angles de site et d'azimut.

En topographie et pour tout relevé d'orientation, cadastre, architecture etc., il suffit, partant du lieu, d'entrer la date et l'heure d'observation pour connaître immédiatement le site et l'azimut du soleil. Une simple lunette de visée site-gisement permet d'obtenir une direction de référence avec une précision meilleure que le milliradian...

Sans aucun instrument, on peut très facilement, et même à distance, relever l'orientation d'un mur, d'un immeuble en observant l'heure à laquelle le soleil est parallèle à l'une des faces (apparition ou disparition de l'ombre). En fonction de l'heure, la machine donnera immédiatement la valeur recherchée. Enfin, n'oublions pas qu'un simple fil à plomb permet de relever la direction et la hauteur du soleil avec une bonne précision. Avec un fil suffisamment gros pour donner une ombre nette (cordonnet de pêche), on arrive à mieux que 1/4 de degrés, ce qui est

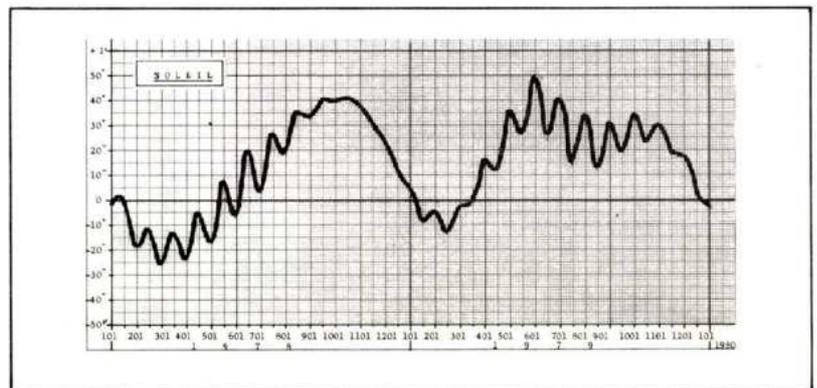
(4) Attention tout de même ! La calculatrice programmable fera gagner un temps considérable et évitera toutes les erreurs de lecture et de report de tables au navigateur confirmé. Elle n'a toutefois rien de magique et pourrait conduire le plaisancier inexpérimenté à la situation de « barbu sur une île déserte »... (voir dessin).

parfait pour la majorité des applications domestiques.

Ce programme est destiné à remplacer les éphémérides astronomiques en ce qui concerne la position du soleil et des étoiles. (Le cas de la lune et des planètes n'est pas traité). Il trouve tout naturellement place pour la solution rapide du point astronomique en navigation maritime, par le tracé de deux droites de hauteur. Et cela en quelques minutes, sans calculs complexes. Cette formule devrait séduire bien des plaisanciers hésitant jusqu'à ce jour à se lancer dans l'aventure du point astronomique traditionnel... (4).

Enfin, on peut citer parmi les utilisations anecdotiques l'établissement des courbes de correction d'un cadran solaire.

Fig. 3. - Courbe d'erreur 1978-1979 : Cette courbe d'erreur a été établie pour l'heure de passage du soleil au méridien de Greenwich, le 1^{er} et le 15 de chaque mois. Date de référence : 1^{er} janvier 1978. Documents d'origine : connaissance des temps 1978 et 1979. L'erreur maximum ne dépasse pas + 50 secondes d'arc et reste inférieure à la limite indiquée : + / - 1 minute d'arc.



Précision des résultats obtenus avec ASTRONAV

Une vérification, à partir de la « Connaissance des temps » et d'autres éphémérides, pour les 1^{er} et 15 de chaque mois, de 1975 à 1980, a montré que l'erreur d'azimut au moment du passage au méridien restait toujours inférieure à ± 1 minute d'arc (fig. 3).

Nous attirons l'attention du lecteur sur la nécessité de ne réaliser de tels essais qu'à partir d'éphémérides donnant les heures de passage au moins au 1/100^e de seconde. L'utilisation d'un temps exprimé en 1/10^e de minute conduit à des incertitudes sur le résultat pouvant atteindre plusieurs minutes d'arc.

Principes généraux de fonctionnement

Problème posé

Connaître les coordonnées solaires ou stellaires en fonction d'un lieu, d'une date et d'une heure donnés.

Solutions :

— Utilisation du programme 20 « calendrier » du module standard « Master Library » pour calculer avec une calculatrice TI 59 le

temps écoulé entre date et heure de référence, mémorisés en banque de données dans la machine.

— Cette information, sous forme de jours ou d'années décimales va permettre d'effectuer les corrections de nutation (5) et de précession (6) concernant les **coordonnées équatoriales** α et δ solaires ou stellaires. Elle va permettre également de calculer l'équation du temps conduisant aux coordonnées équatoriales solaires ainsi que le temps sidéral local et l'angle horaire, donnant ainsi les **coordonnées horaires**.

— La troisième partie est consacrée à la conversion des coordonnées horaires en **coordonnées horizontales** donnant directement les angles de site et d'azimut (fig. 4).

— Le programme fonctionne également à l'envers et peut fournir des informations pour des dates **antérieures à la date de référence**. La précision décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la date de référence.

Le recalage de la machine à une nouvelle date (lors de la parution d'éphémérides, par exemple), est possible et son principe sera décrit ultérieurement.

Principes de fonctionnement :

Le bloc-diagramme (fig. 5) définit l'ensemble des calculs et fonctions qui participent à l'élaboration des résultats recherchés.

L'organigramme complet de ce programme est reproduit en figure 6.

Dans la présentation de ce programme on ne procède pas à un commentaire de cet organigramme par contre, le lecteur pourra trouver dans les pages qui suivent la reproduction intégrale du programme avec en vis-à-vis toutes les explications nécessaires à sa compréhension.

(5) Léger balancement de caractère périodique, que subit l'axe de rotation de la Terre autour de sa position moyenne.

(6) Mouvement conique très lent, effectué par l'axe de rotation terrestre autour d'une position moyenne correspondant à une direction normale au plan de l'écliptique.

La machine conserve en **banque de données** les informations suivantes :

- Temps sidéral de Greenwich, pour la date de référence (1 janvier..., 0 H).
- Périogée depuis la date de référence, en jours décimaux.

- Ecart entre périogée réf. et solstice d'hiver précédent, moins 90°.
- La date de référence exprimée en mois, jours, années suivant le format : MM jj, AAAA.

Exemple : le 25 juillet 1979 s'écrit 725,1979.

- Les coordonnées équatoriales

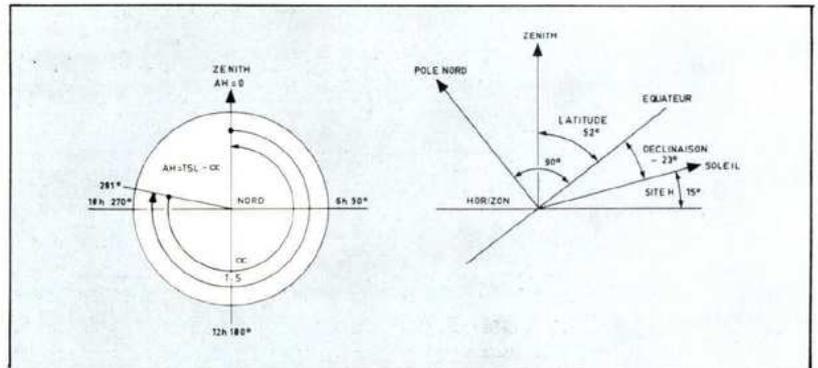
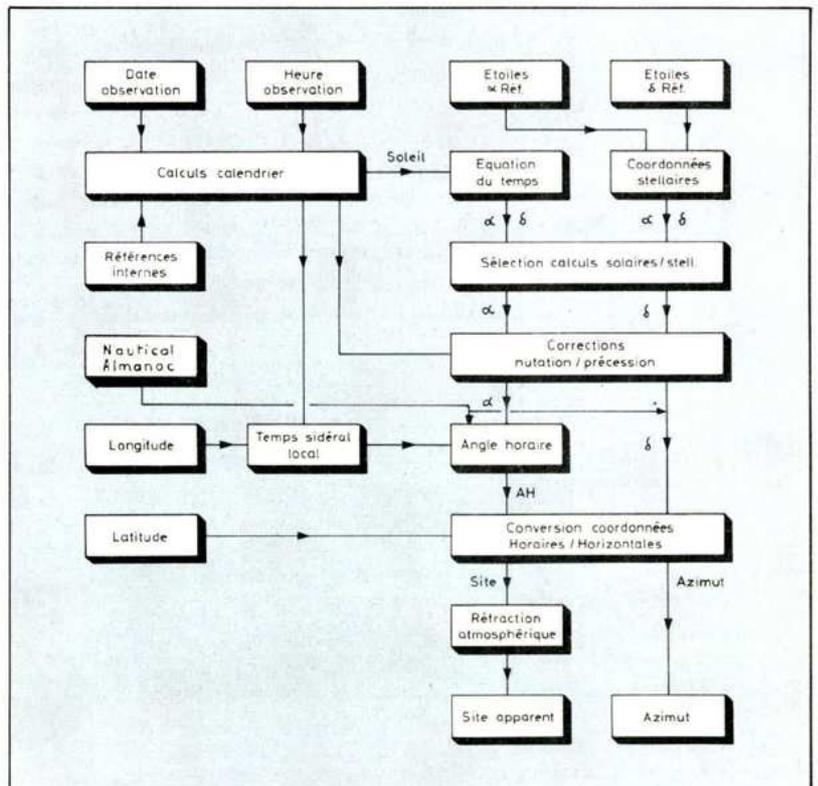


Fig. 4. - Passage solaire au méridien de Greenwich. Représentation des principales grandeurs pour les données suivantes : Latitude : 52° Nord, longitude : 0°, date : 1^{er} janvier 1980, heure : 12 h 03, TSL = 281°. Ascension droite = 281°. Angle horaire = 0°. Déclinaison = - 23°. Site = 15°. Azimut = 180°. On constate une différence entre l'angle horaire exprimé en degrés décimaux et sa valeur en heures, minutes et secondes : cette différence de 180° vient du fait que la référence 0° est prise sur le méridien, à 12 heures locales.

Fig. 5. - Bloc diagramme définissant l'ensemble des calculs.



En raison des variations de densité de l'atmosphère, le site réel ne correspond pas au site observé.

(c'est-à-dire l'ascension droite, α , et la déclinaison, δ) de l'étoile Polaire et de 10 autres étoiles principales.

— Il est possible d'entrer les données GHA (Angle horaire de Greenwich), la déclinaison δ , ainsi que v et d , (grandeurs servant à l'interpolation) pour les planètes et la lune.

Les données d'entrée

La machine (7) doit recevoir les informations suivantes avant de pouvoir démarrer tout calcul :

— **latitude** du point d'observation exprimée en degrés, minutes et secondes suivant le format : °, ' ''.

Elle sera positive pour l'hémi-

sphère Nord et négative pour l'hémisphère Sud.

Après son introduction il suffit d'appuyer sur la touche A' ($\boxed{2nd} \boxed{A}$);

— **longitude**, référence au méridien 0 de Greenwich. Positive pour une longitude Ouest, négative pour une longitude Est, elle sera exprimée elle aussi en degrés, minutes et secondes suivant le format : °, ' ''.

Appuyer sur la touche B' ($\boxed{2nd} \boxed{B}$) après introduction ;

— **date d'observation** : introduire dans l'ordre le mois, le jour et l'année suivant le format MM jj, AAAA et appuyer sur la touche \boxed{A} ;

— **heure d'observation**, TU :

pour avoir un temps indépendant du lieu on prend en considération le temps universel, TU.

Exprimé en heures, minutes et secondes, ce temps sera introduit suivant le format HH, mm ss après quoi on appuie sur la touche \boxed{B} .

Démarrage du programme

A partir de maintenant, le programme se déroule automatiquement jusqu'à l'affichage du Temps Sidéral Local, TSL, en degrés décimaux.

Les étapes suivantes vont dépendre du type d'objet céleste visé : soleil ou étoiles.

Programme de calcul de la position d'une étoile

La machine possède en mémoire de données les **coordonnées équatoriales** (ascension droite, α , et déclinaison, δ) à une date choisie pour référence de l'étoile polaire et de dix autres étoiles (8).

Ces coordonnées équatoriales de référence ont été prélevées dans les éphémérides et pour ce qui concerne cet article, il s'agit d'éphémérides établies pour le 1^{er} janvier 1978.

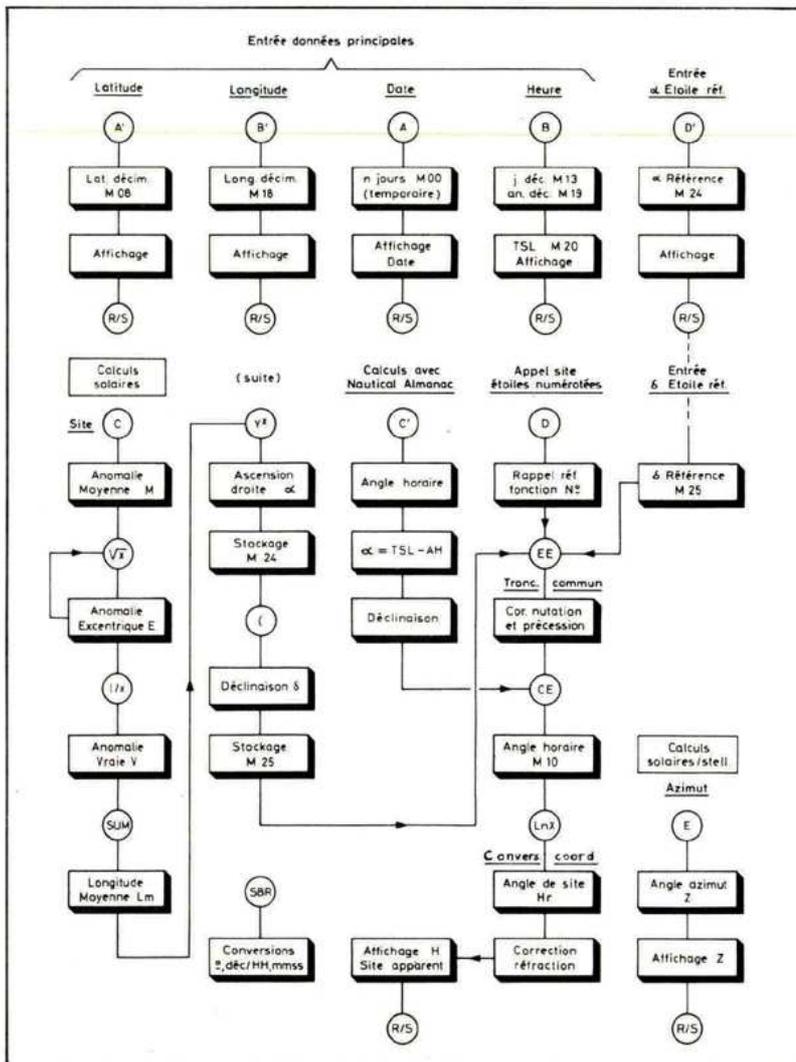
Pour une étoile présélectionnée

Pour illustrer cette partie, nous allons traiter un exemple qui va nous permettre de tester les performances du programme en comparant ses résultats pour une étoile présélectionnée avec les valeurs prévues dans les éphémérides.

(7) La machine TI 59 doit obligatoirement être équipée du module « Master Library », puisque la fonction calendrier de ce module est utilisée.

(8) Les deux cartes du programme de base contiennent les données de 11 étoiles. Deux autres cartes permettent d'ajouter 44 étoiles, ce qui porte la capacité de la machine à 55 étoiles principales de navigation. On peut, pour des utilisations astronomiques par exemple, augmenter cette capacité par tranche de 22 astres par carte supplémentaire, sans aucune modification du programme et sans limite de nombre.

Fig. 6. - Organigramme complet.



Nous prendrons l'étoile VEGA et nous fixerons notre observation à Greenwich le 25 juillet 1979 à 0 heure TU.

Pour commencer, nous entreprenons les données relatives aux conditions d'observation (voir la procédure : **tableau n° 1**), tandis que ceux d'entre vous qui ont la chance de posséder une imprimante verront s'imprimer sur le papier la latitude et la longitude exprimées en degrés, minutes et secondes, le calculateur convertit et affiche ces deux valeurs en degrés décimaux car, par la suite, il fera tous ses calculs en valeurs décimales.

Dans l'exemple présent, travaillant sur des degrés entiers, nous ne verrons pas de différence.

Le TU ayant été entré et la touche **B** pressée le programme calcule automatiquement le Temps Sidéral Local (TSL) pour l'afficher ensuite (TSL = 302,1085737). Ce sont des degrés décimaux.

Ce résultat ne sera pas imprimé automatiquement, par contre, il sera stocké dans la mémoire M.20 et y sera disponible en permanence. Si l'on veut l'imprimer de suite, il suffit de frapper **[2nd] [Prt]** au clavier ou alors on appuie sur la touche PRINT de l'imprimante.

Maintenant il faut inscrire le numéro de code de l'étoile qui nous intéresse (pour cela on se reporte au **tableau 3**), et appuyer sur la touche **[D]** pour déclencher le programme.

Calcul du site

(ou hauteur) H

— Partant de α et δ de référence, le programme va effectuer les corrections jusqu'à la date d'observation « n », et fournir αn et δn .

— Partant du TSL et de α , il calcule ensuite l'angle horaire AH.

● ascension droite : αn (stockée en M 24)

● déclinaison : δn (stockée en M 25)

● angle horaire : AH (stocké en M 10).

Le couple AH et δn fournit les **coordonnées horaires** disponibles pour les observations astronomiques.

— Pour les utilisations terrestres, le programme va continuer et calculer, en tenant compte de la latitude, la conversion des coordonnées horaires en coordonnées horizontales. Il fournit alors le **site réel** et l'azimut.

— Le **site réel** ne correspond pas au **site observé**. Les variations de densité de l'atmosphère font varier l'indice de réfraction de l'air et courbe la trajectoire des rayons lumineux dans les basses couches. (Un astre situé physiquement **en-dessous** de l'horizon à environ 1/2 degrés peut parfaitement être observé en raison de ce phénomène). Le programme va donc effectuer une correction du site et fournir le **site apparent** H. (Le site

Tableau n° 1

Le mode d'emploi						
Procédure		Introduire	Appuyer sur		Affichage	
1	Changer la partition initiale de la mémoire	5	2nd	Op	17	559.49
2	Lire la 1 ^{re} carte (piste 1)		CLR			1
3	Lire la 1 ^{re} carte (piste 2)		CLR			2
4	Lire la 2 ^e carte (piste 3)		CLR			3
5	Lire la 2 ^e carte (piste 4)		CLR			4
6	Entrer la latitude (52° Nord)	52,0000	2nd	A'		52.0000
7	Entrer la longitude (0°)	0	2nd	B'		0
8	Entrer la date (25 juillet 1979)	725,1979	A			725,1979
9	Entrer l'heure (TU = 0)	0	B			0
	Calcul automatique du TSL et affichage					302,1085737
10	Impression du TSL		2nd	Prt		302,1085737
11	Indiquer le n° de code de l'étoile sélectionnée (Véga = 5)	5	D			5
	Calcul automatique du site : H et Impression					69,1515
12	Calcul de l'Azimut : Z et impression		E			239,2854
13	Rappel de l'angle horaire : AH (degrés décimaux)		RCL	10		23,0455278 1
14	Impression de l'angle horaire		2nd	Prt		23,0455278 1
15	Conversion de AH en HH, mm ss et impression		-	180	=	-10,2749
16	Rappel de l'Ascension Droite : α (degrés décimaux)		RCL	24	SBR	279,0630
17	Conversion de α en HH, mm ss et impression		SBR	SBR		18,3615
18	Rappel de la Déclinaison : δ (degrés décimaux)		RCL	25		38,7639
19	Conversion de δ en DDD, mm ss		INV	2nd	DMS	38,4550
20	Impression de δ		2nd	Prt		38,4550

Nous supposons dans ce mode d'emploi que l'utilisateur a déjà recopié le programme ASTRONAV sur cartes magnétiques, sinon rentrer le programme pas à pas en se reportant au listing.

Le contenu d'un groupe de mémoires : programme, données, ou les deux, se trouve enregistré sur la carte.

Calculateurs programmables

Tableau n° 2			
Conditions d'observation			
Latitude	: 52,00 00	} Greenwich	
Longitude	: 0		
Date	: 25 juillet 1979		
Heure	: 0h TU		
Etoile	: Véga		
N° de code	: 5		
ASTRONAV	Signification	Ephémérides	Erreur
H = 69,1515 Z = 239,2854 TSL = 302,108	Site Azimut Temps sidéral local	302,10833	
AH = 23,04552781 α = 18,3615	Angle horaire Ascension droite	23,0466667 18,3616	-1 seconde
δ = 38,4550	Déclinaison	38,4606	-16 secondes d'arc
Conclusion : Erreur inférieure à la minute d'arc			

réel sera conservé en mémoire M 01).

Calcul de l'Azimut, Z

Pour cela, il suffit d'appuyer sur la touche [E] pour déclencher le calcul de Z.

Site et Azimut sont exprimés

en : Degrés, minutes et secondes suivant le format DDD, mm ss.

Les résultats figurent sur le tableau 2.

Choix d'une étoile non-présélectionnée

Il suffit de lire les coordonnées

de l'astre choisi dans l'éphéméride à la date de référence (1^{er} janvier 1978)

● entrer α et appuyer sur [2nd] [D]

● entrer δ et appuyer sur [R/S]

Le programme va se dérouler comme ci-dessus et fournir α et δ de l'astre considéré (ou encore H et Z).

Listing du programme

Compte tenu de la longueur de ce programme il ne nous est pas possible de le publier entièrement en une seule fois. En effet, il occupe 560 pas.

Dans ce premier article, nous nous sommes appliqués à présenter les données d'entrée nécessaires à tout calcul et nous en avons montré l'utilisation pour les calculs stellaires uniquement.

Tous ces calculs reposent sur le programme que nous reproduisons ci-après. Il ne comporte pas moins de 365 pas d'instruction. Vous constaterez que l'on saute de l'instruction 079 à l'instruction 186, de même que l'on s'arrête à l'instruction

Tableau n° 3						
Coordonnées : 1978,0						
Contenu des mémoires, Catalogue d'Etoiles.						
N°	Etoile	Constellation	Asc.droite	Déclinaison	Deg.décimaux	Mémoire
00	La Polaire	Petite Ourse	2 h 10 01		32,50416667	M 28
				89°09 51	89,16416667	M 29
01	Sirius	Grand Chien	6 h 44 11		101,0458333	M 30
				-16°41 06	-16,685	M 31
02	Canopus	Carène	6 h 23 28		95,86666667	M 32
				-52°40 59	-52,68305556	M 33
03	Rigel Kentarus	Centaure	14 h 38 06		219,625	M 34
				-60°44 43	-60,74527778	M 35
04	Arcturus	Bouvier	14 h 14 39		213,6625	M 36
				19°17 47	19,29638889	M 37
05	Véga	Lyre	18 h 36 12		279,05	M 38
				38°45 45	38,7625	M 39
06	Capella	Chèvre (Cocher)	5 h 15 04		78,76666667	M 40
				45°58 38	45,97722222	M 41
07	Rigel	Orion	5 h 13 29		78,37083333	M 42
				- 8°13 34	- 8,22611111	M 43
08	Procyon	Petit Chien	7 h 38 09		114,5375	M 44
				5°16 57	5,2825	M 45
09	Achernar	Eridan	1 h 36 54		24,225	M 46
				-57°20 53	-57,34805556	M 47
10	Altair	Aigle	19 h 49 43		297,4291667	M 48
				8°48 34	8,8094444	M 49

tion 509. En le recopiant, respectez scrupuleusement cette disposition car les espaces ainsi ménagés serviront à recevoir les instructions complémentaires relatives aux **calculs solaires** et à l'utilisation des données du « **Nautical Almanac** ».

Dès que vous aurez rentré cette première partie de programme, commencez par l'enregistrer sur cartes magnétiques (il est toujours désagréable de devoir rentrer à nouveau la totalité d'un programme).

N'oubliez pas, avant de vouloir le tester, d'initialiser les mémoires en respectant les valeurs fournies dans les **tableaux n° 3 et 4**.

Procédez à un deuxième enregistrement de vos cartes : le contenu des mémoires s'y trouvera sauvegardé.

Partition utilisée :

560 pas de programme et 50 mémoires, répartis sur 2 cartes magnétiques.

Choix de la partition :

Entrer 5, puis faire [2nd][OP][7]
La machine affiche 559,49 et se trouve prête à exécuter le programme ASTRONAV.

Indication des touches opérateur :

Voir tableau ci-contre.

Liste des étoiles présélectionnées en mémoires : tableau n° 3.

Le choix des étoiles présélectionnées a été fait en fonction de leur magnitude. L'utilisateur

Tableau n° 4		
Contenu des mémoires Constantes nécessaires aux calculs stellaires		
Valeur	Nature	Mémoire
0,1459	K 1	M 06
0,998115	K 2	M 07
0,0056	K 3	M 09
360	K 4	M 12
360,9856426	Facteur de conversion TM/TS	M 14
0,9173917625	Obliquité de l'orbite terrestre	M 15
365,2421916	Année Tropicale	M 21
100,2922917	Temps sidéral de Greenwich : référence	M 22
101,1978	Date de référence	M 23

modifiera cette sélection en fonction de ses affinités propres et de son domaine d'utilisation.

- Changement de la date de référence.
- Programme de modification pour le calcul d'un cadran solaire.
- Applications diverses.
- Bibliographie. ■

Ce que vous lirez dans le prochain numéro

- Calculs solaires.
- Utilisation des données du « Nautical Almanac ».

Jacques DASSIE *

Indication des touches opérateur :				
A'	B'	C'	D'	
Latitude	Longitude	GHA Ephéméride	Etoiles α	
Date	Heure T.U.	Site Soleil	Numéro Etoile	Azimut
A	B	C	D	E

* Nous avons le plaisir d'accueillir Jacques Dassié pour la première fois dans nos colonnes. Cet auteur, ingénieur et pilote, est un des archéologues aériens connu par ses très nombreuses découvertes en Poitou-Charentes et surtout par son « **Manuel d'Archéologie Aérienne** », édité aux Editions Technip.
Pilotage, prise de vues, traitements spéciaux, photo-interprétation archéologique, météorologie appliquée, etc., toutes ces techniques sont présentées, commentées et illustrées par des courbes et tableaux, et plus de 150 photographies.
Ce remarquable cours théorique et pratique constitue un véritable ouvrage de base en archéologie aérienne.

