



# Programme TRABI

de calcul des éphémérides  
et du ciel local.

Turbo Pascal. Emulation DOS sous Windows95

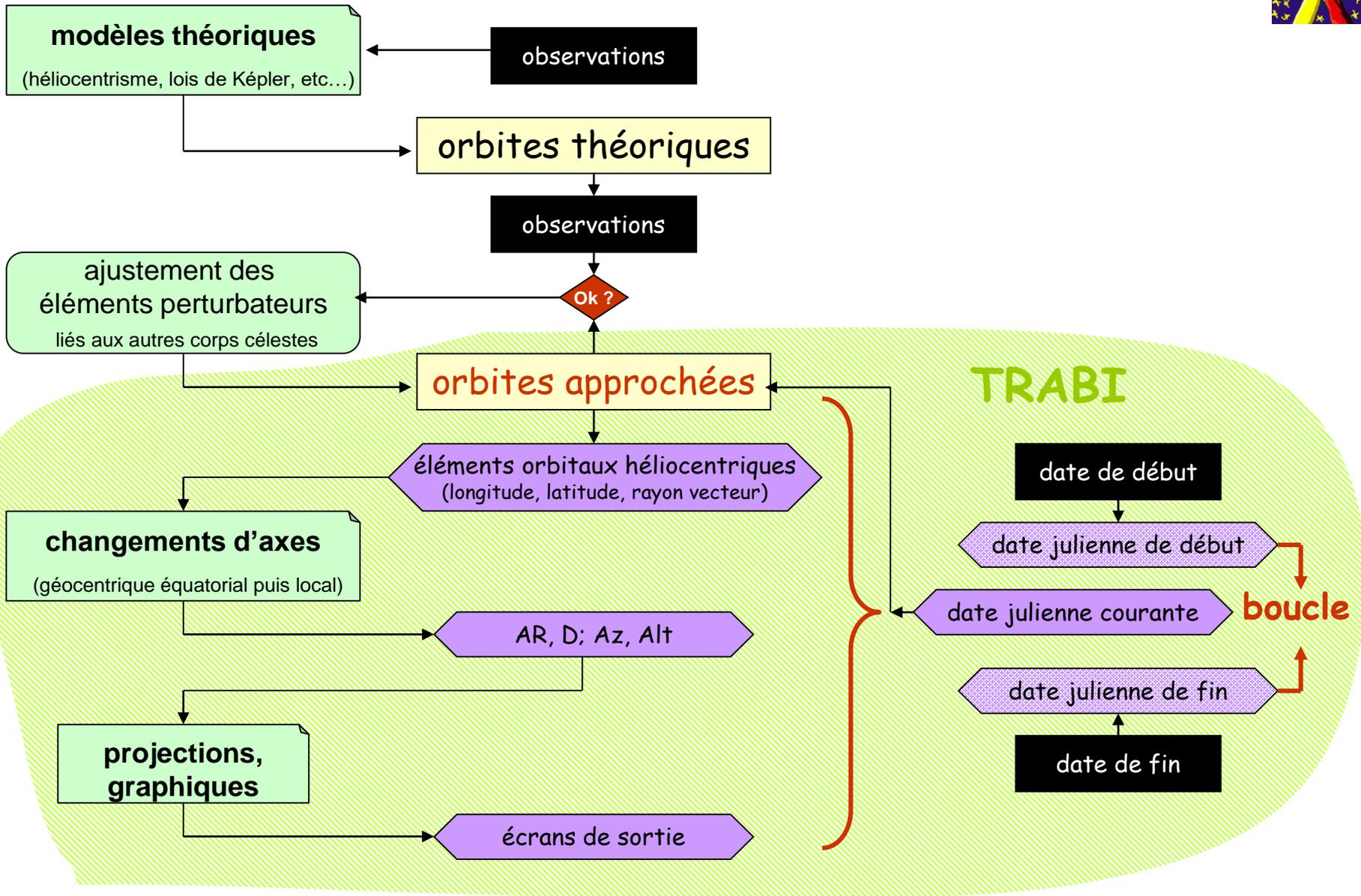
# Objectifs



- compréhension des calculs astronomiques
  - en particulier changement de repères
- recherche de visualisation appropriée
  - pour compréhension des visibilitées en tout point du globe
  - pour compréhension des rebroussements planétaires
  - etc...
- peu d'importance donnée à:
  - interface de saisie
  - exhaustivité de la base stellaire (400 étoiles seulement)

➔ **l'important, c'est de comprendre la démarche**

# Vue d'ensemble



# Calendrier julien



- utilisé comme base de temps de tous les calculs astronomiques
- année de 365 j + 1 jour suppl. en février tous les 4 ans
- origine de la numérotation julienne:

**le 1er janvier - 4172 (4173 av. JC)**

- choisie pour faire coïncider 3 cycles resp. de 15, 29 et 29ans
- introduite par Scaliger à la fin du XVIIIème
- nécessité pour toute date, de calculer le Jour Julien correspondant:

**par ex. le 9/7/1985 était le 2446256ème jour julien**

- la date julienne est décimale; elle définit aussi bien la position des corps sur leur orbite (rotation) que leur révolution

# Caractéristiques de position d'un astre



- longitude héliocentrique  $l$
- latitude héliocentrique  $b$
- rayon vecteur  $r$  = distance astre soleil

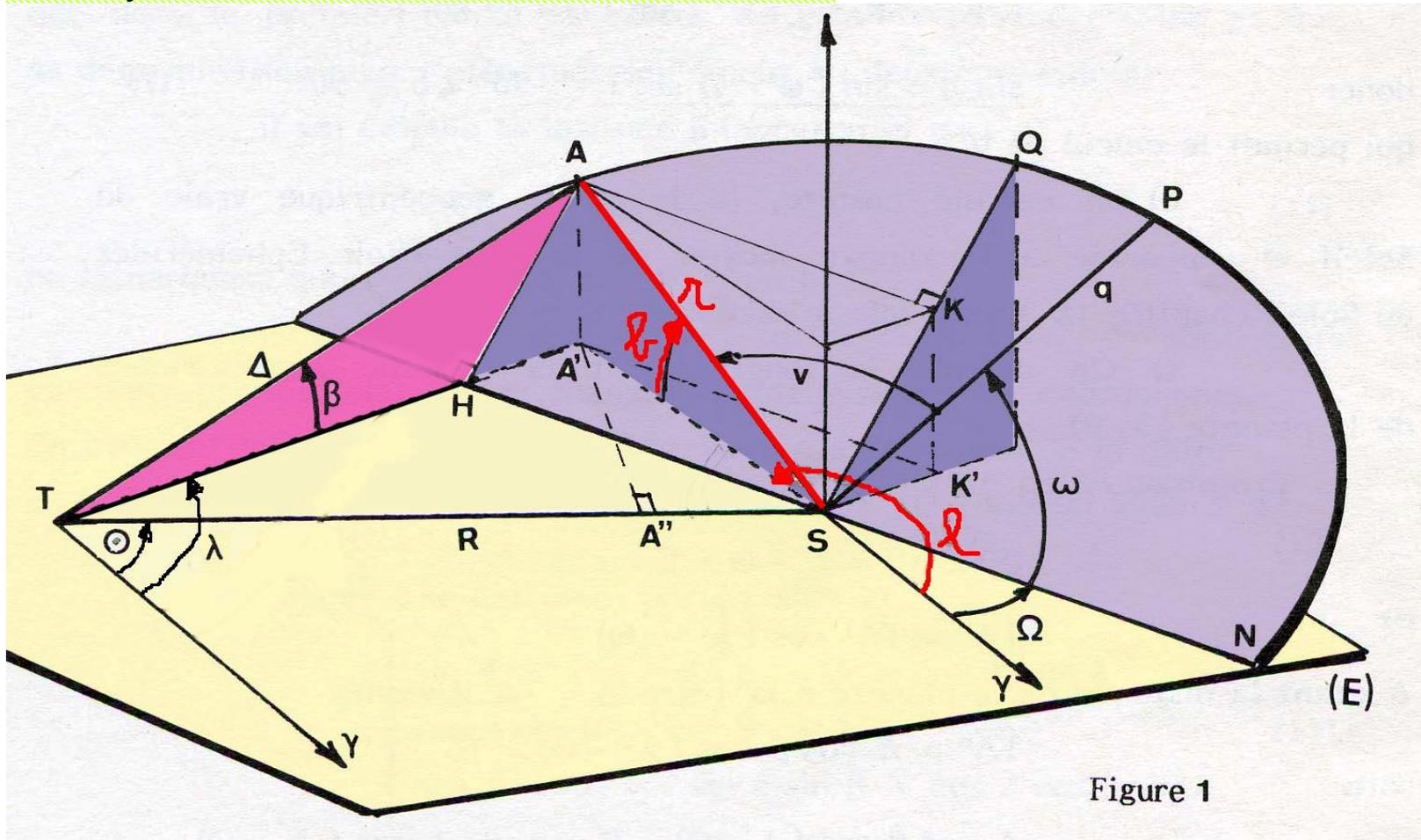


Figure 1

# Paramètres de l'orbite approchée de **Jupiter**



J U P I T E R

Calculer  $L_4, M_4, M_5, M_6$  \*\*\*\*\* perturbations

Longitude héliocentrique:

$$\begin{aligned} \ell_4 = & L_4 + 2\,511 + 5023 T + 19\,934 \sin M_4 + 601 \sin 2M_4 + 1093 \cos(2M_4 - 5M_5) \\ & - 479 \sin(2M_4 - 5M_5) - 185 \sin(2M_4 - 2M_5) + 137 \sin(3M_4 - 5M_5) - 131 \sin(M_4 - 2M_5) \\ & + 79 \cos(M_4 - M_5) - 76 \cos(2M_4 - 2M_5) - 74 T \cos M_4 + 68 T \sin M_4 \\ & + 66 \cos(2M_4 - 3M_5) + 63 \cos(3M_4 - 5M_5) + 53 \cos(M_4 - 5M_5) + 49 \sin(2M_4 - 3M_5) \\ & - 43 T \sin(2M_4 - 5M_5) - 37 \cos M_4 + 25 \sin 2L_4 + 25 \sin 3M_4 - 23 \sin(M_4 - 5M_5) \\ & - 19 T \cos(2M_4 - 5M_5) + 17 \cos(2M_4 - 4M_5) + 17 \cos(3M_4 - 3M_5) - 14 \sin(M_4 - M_5) \\ & - 13 \sin(3M_4 - 4M_5) - 9 \cos 2L_4 + 9 \cos M_5 - 9 \sin M_5 - 9 \sin(3M_4 - 2M_5) \\ & + 9 \sin(4M_4 - 5M_5) + 9 \sin(2M_4 - 6M_5 + 3M_6) - 8 \cos(4M_4 - 10M_5) + 7 \cos(3M_4 - 4M_5) \\ & - 7 \cos(M_4 - 3M_5) - 7 \sin(4M_4 - 10M_5) - 7 \sin(M_4 - 3M_5) + 6 \cos(4M_4 - 5M_5) \\ & - 6 \sin(3M_4 - 3M_5) + 5 \cos 2M_5 - 4 \sin(4M_4 - 4M_5) - 4 \cos 3M_5 + 4 \cos(2M_4 - M_5) \\ & - 4 \cos(3M_4 - 2M_5) - 4 T \cos 2M_4 + 3 T \sin 2M_4 + 3 \cos 5M_5 + 3 \cos(5M_4 - 10M_5) \\ & + 3 \sin 2M_5 - 2 \sin(2L_4 - M_4) + 2 \sin(2L_4 + M_4) - 2 T \sin(3M_4 - 5M_5) \\ & - 2 T \sin(M_4 - 5M_5) \end{aligned}$$

$M_5$ : anomalie moyenne  
de **Saturne**

$M_6$ : anomalie moyenne  
d'**Uranus**

Latitude héliocentrique  $b_4$

$$\begin{aligned} b_4 = & -4692 \cos M_4 + 259 \sin M_4 + 227 - 227 \cos 2M_4 + 30 T \sin M_4 + 21 T \cos M_4 \\ & + 16 \sin(3M_4 - 5M_5) - 13 \sin(M_4 - 5M_5) - 12 \cos 3M_4 + 12 \sin 2M_4 + 7 \cos(3M_4 - 5M_5) \\ & - 5 \cos(M_4 - 5M_5) \end{aligned}$$

Rayon vecteur  $r_4$

$$\begin{aligned} r_4 = & 5,2088\,3 - 0,2512\,2 \cos M_4 - 0,0060\,4 \cos 2M_4 + 0,0026 \cos(2M_4 - 2M_5) \\ & - 0,0017\,0 \cos(3M_4 - 5M_5) - 0,0016 \sin(2M_4 - 2M_5) - 0,0009\,1 T \sin M_4 \\ & - 0,0008\,4 T \cos M_4 + 0,0006\,9 \sin(2M_4 - 3M_5) - 0,0006\,7 \sin(M_4 - 5M_5) \\ & + 0,0006\,6 \sin(3M_4 - 5M_5) + 0,0006\,3 \sin(M_4 - M_5) - 0,0005\,1 \cos(2M_4 - 3M_5) \\ & - 0,0004\,6 \sin M_4 - 0,0002\,9 \cos(M_4 - 5M_5) + 0,0002\,7 \cos(M_4 - 2M_5) \\ & - 0,0002\,2 \cos 3M_4 - 0,0002\,1 \sin(2M_4 - 5M_5) \end{aligned}$$

# Positions héliocentriques des planètes



POSITIONS HELIOCENTRIQUES  
DES PLANETES

il suffit de projeter sur le plan de l'écliptique

- Terre
- Mercure
- Vénus
- Mars
- Jupiter
- Saturne

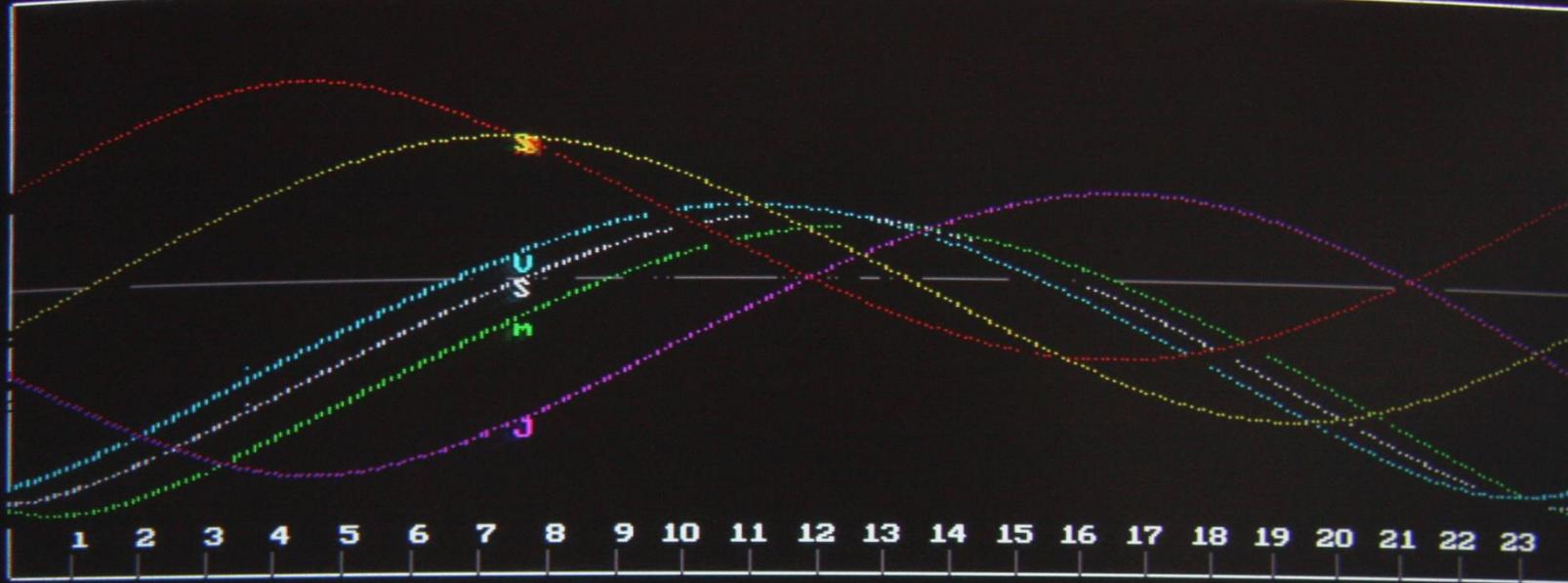


les orbites sont très peu excentriques !!!

des positions, on déduit la visibilité des planètes  
ici, seule Saturne sera visible en milieu de nuit

8 5 2013

# Trajectoires quotidiennes / visibilité



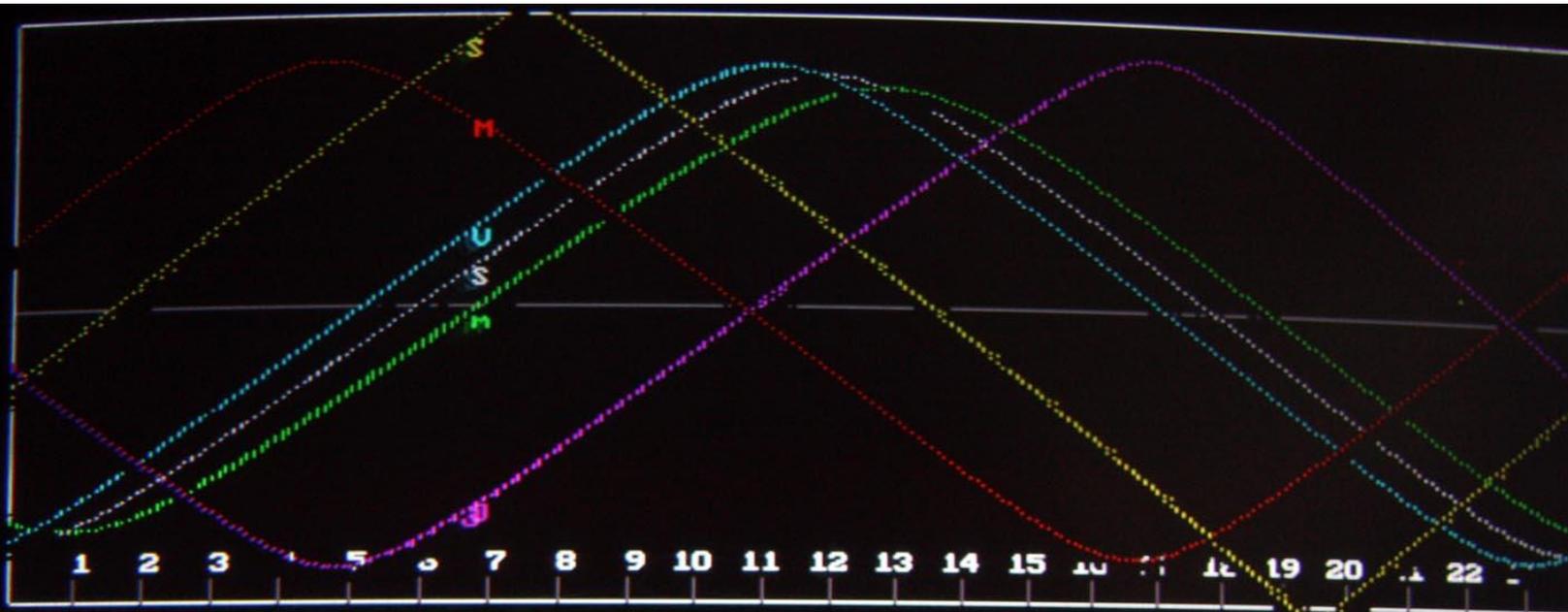
4 12 2009 7h 34mn	lever	culmin.	H maxi	coucher
Soleil	7h 36mn	0h -5mn	-63.19	15h 48mn
Mercure	8h 54mn	12h 42mn	15.40	16h 24mn
Vénus	6h 36mn	0h -5mn	-58.84	15h 18mn
Mars	20h 54mn	4h 24mn	58.91	11h 48mn
Jupiter	11h 48mn	16h 36mn	25.67	21h 18mn
Saturne	1h 6mn	7h 12mn	41.73	13h 18mn

\* les altitudes (non corrigées) donnent les levers et couchers approximatifs

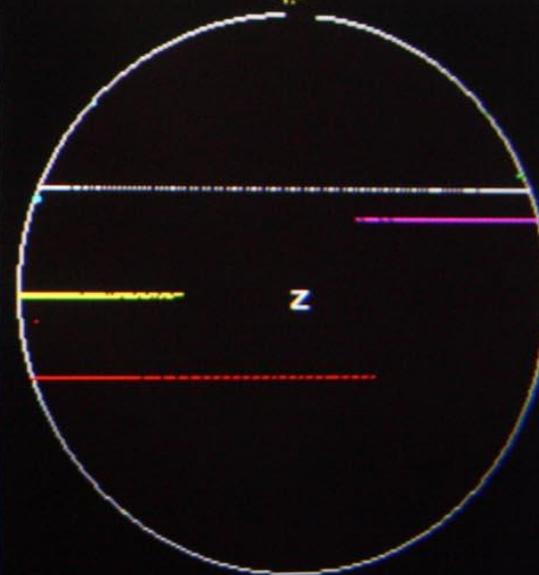
\* ici seules Jupiter et Mars sont suffisamment déphasées d'avec le soleil pour être visibles

\* les culminations du soleil sont parfois très décalées par rapport à midi

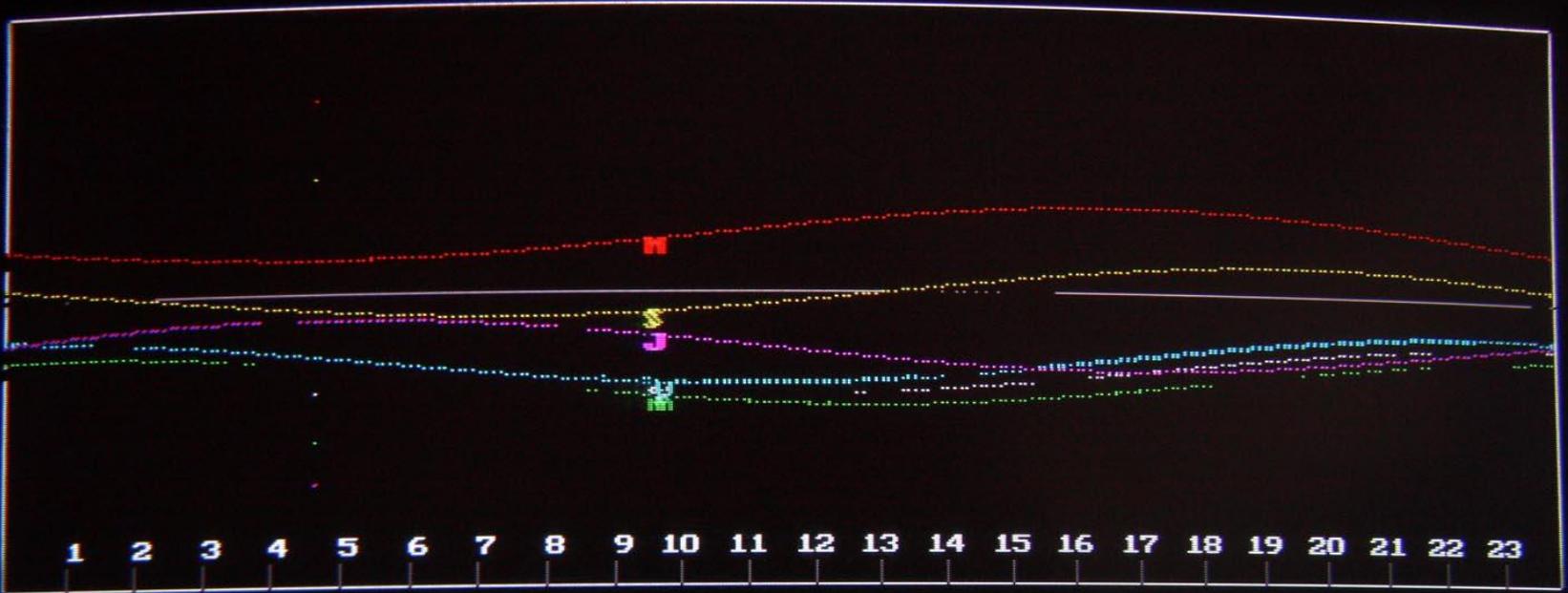
# Trajectoires en différents lieux: EQUATEUR



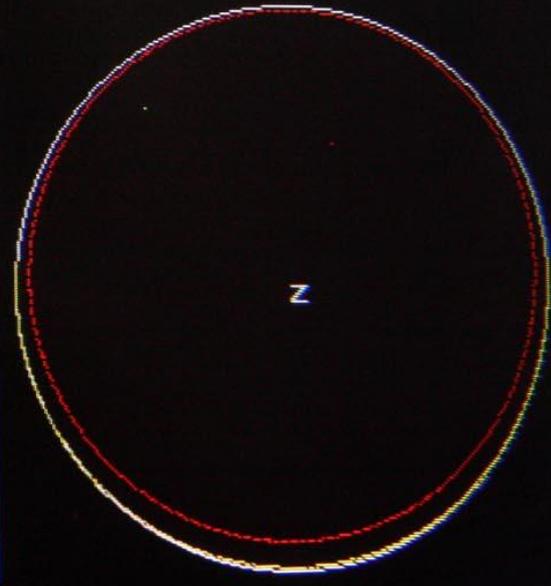
3 12 2009 6h 38mn	lever	culmin.	H maxi	coucher
Soleil	5h 54mn	11h 54mn	68.00	17h 48mn
mercure	6h 48mn	0h 0mn	-61.98	18h 42mn
Vénus	5h 6mn	11h 6mn	70.50	17h 0mn
Mars	22h 30mn	4h 36mn	72.01	10h 36mn
Jupiter	10h 48mn	16h 48mn	74.547	22h 42mn
Saturne	1h 24mn	7h 30mn	88.24	13h 24mn



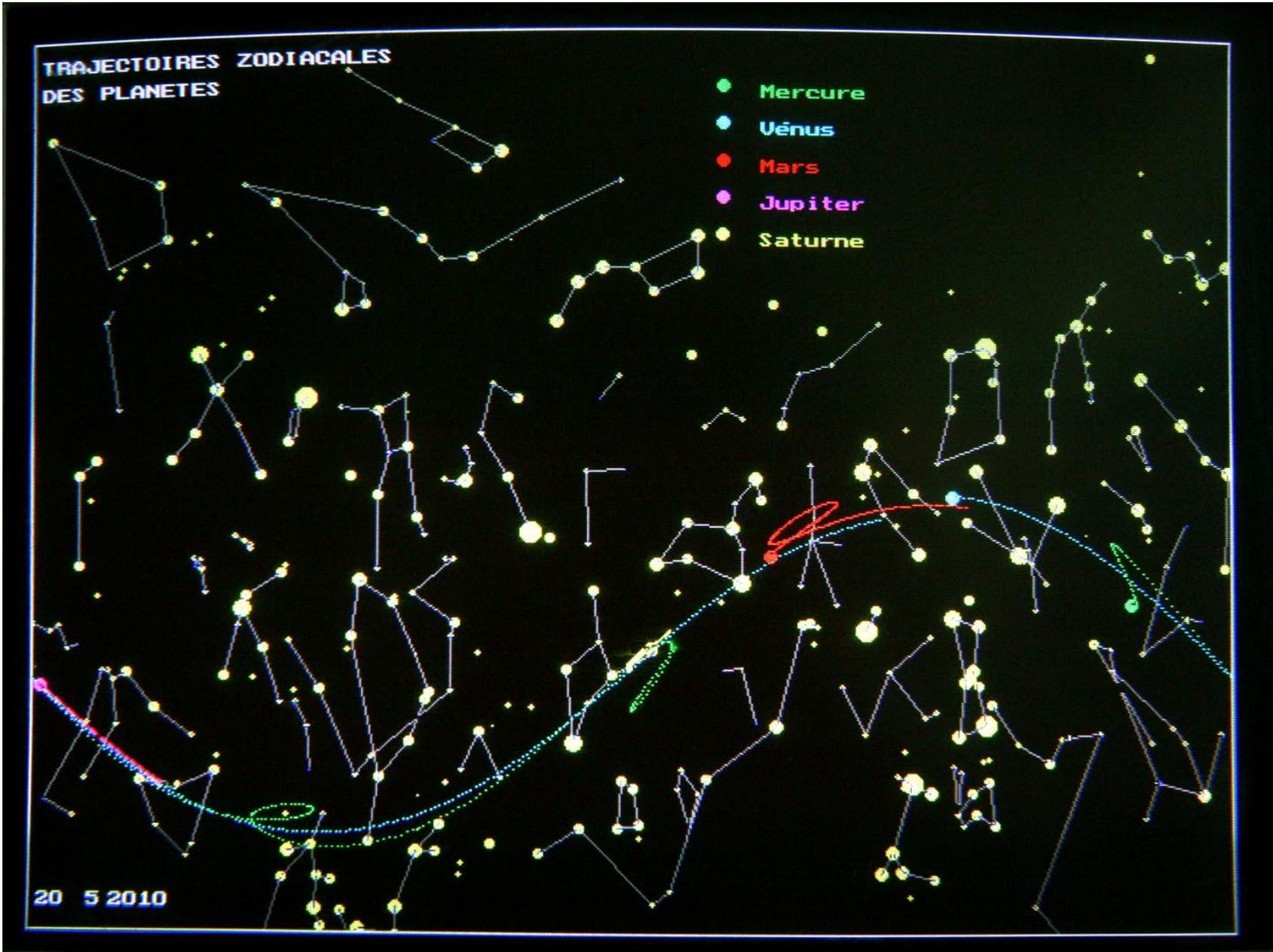
# Trajectoires en différents lieux: **PÔLE NORD**



3 12 2009 9h 30mn	lever	culmin.	H maxi	coucher
Soleil		0h -5mn	-14.2	
mercure		0h 54mn	-17.8	
Vénus		23h 6mn	-11.69	
Mars		16h 36mn	25.76	
Jupiter		4h 48mn	-7.54	
Saturne	13h 6mn	19h 30mn	8.55	1h 42mn



# Trajectoires zodiacales des planètes



# Points de rebroussement de Mars

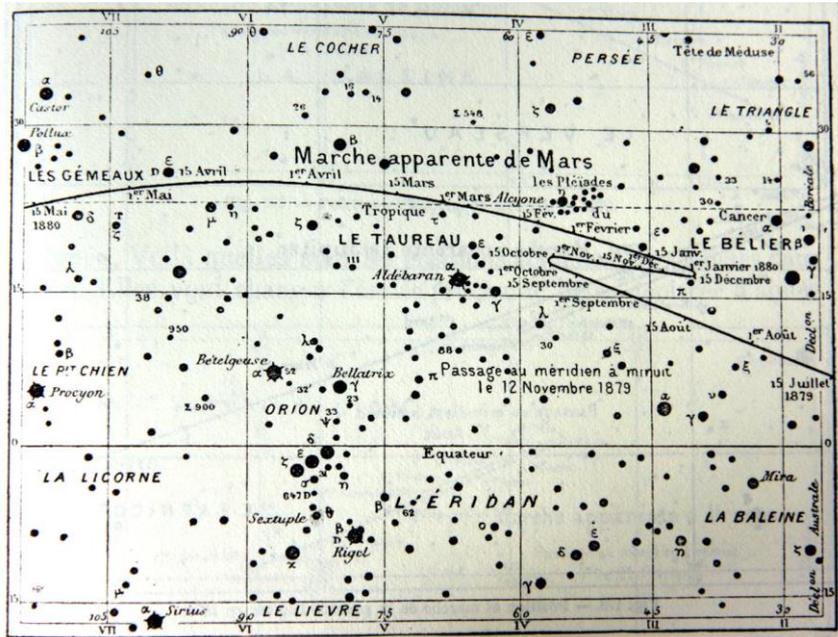
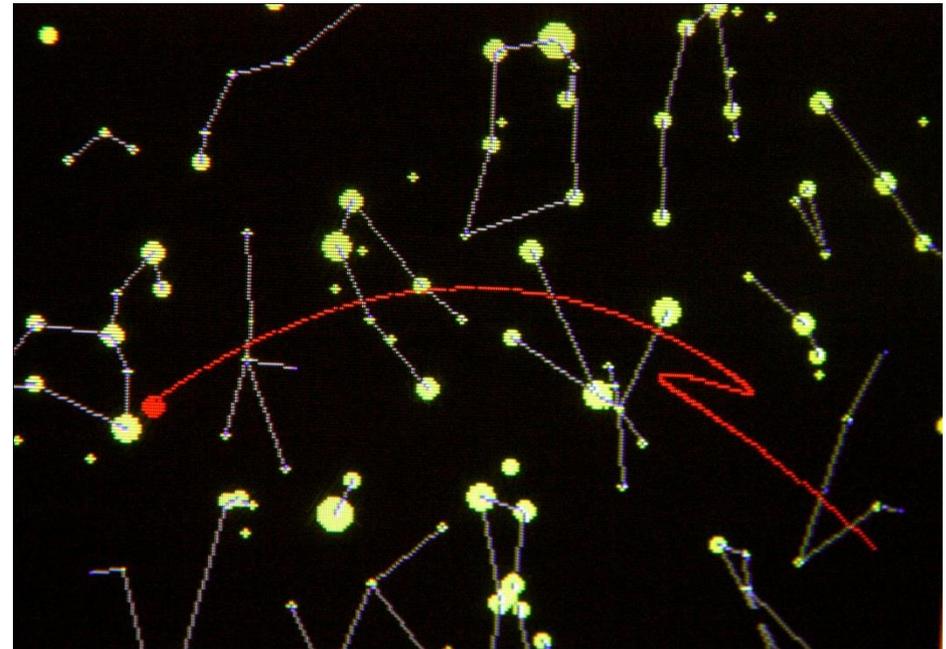


Fig. 177. — Mouvement de la planète Mars sur la voûte céleste, du 15 juillet 1879 au 15 mai 1880.

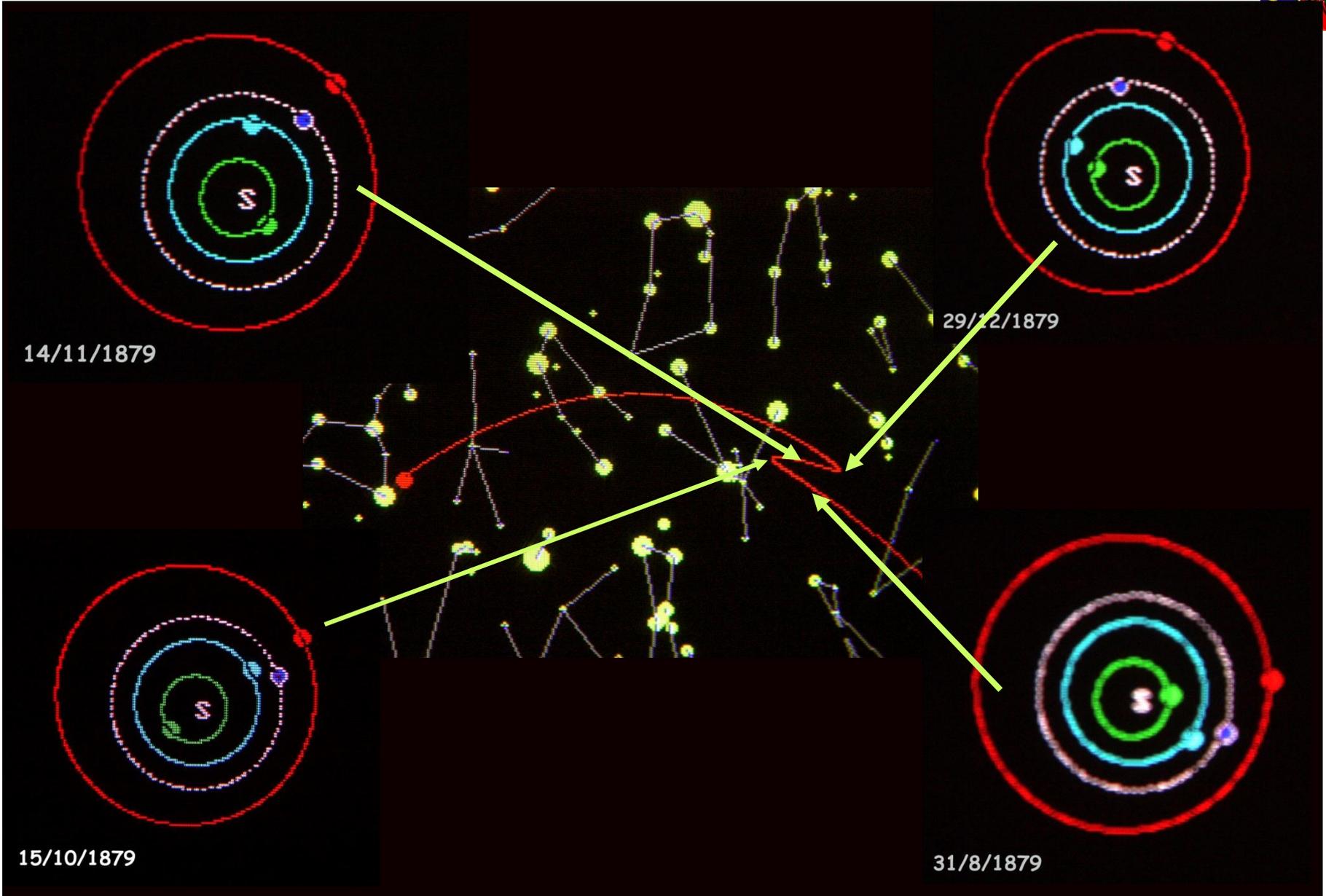


Flammarion

Trabi

de mi-1879 à mi-1880

# Points de rebroussement de Mars

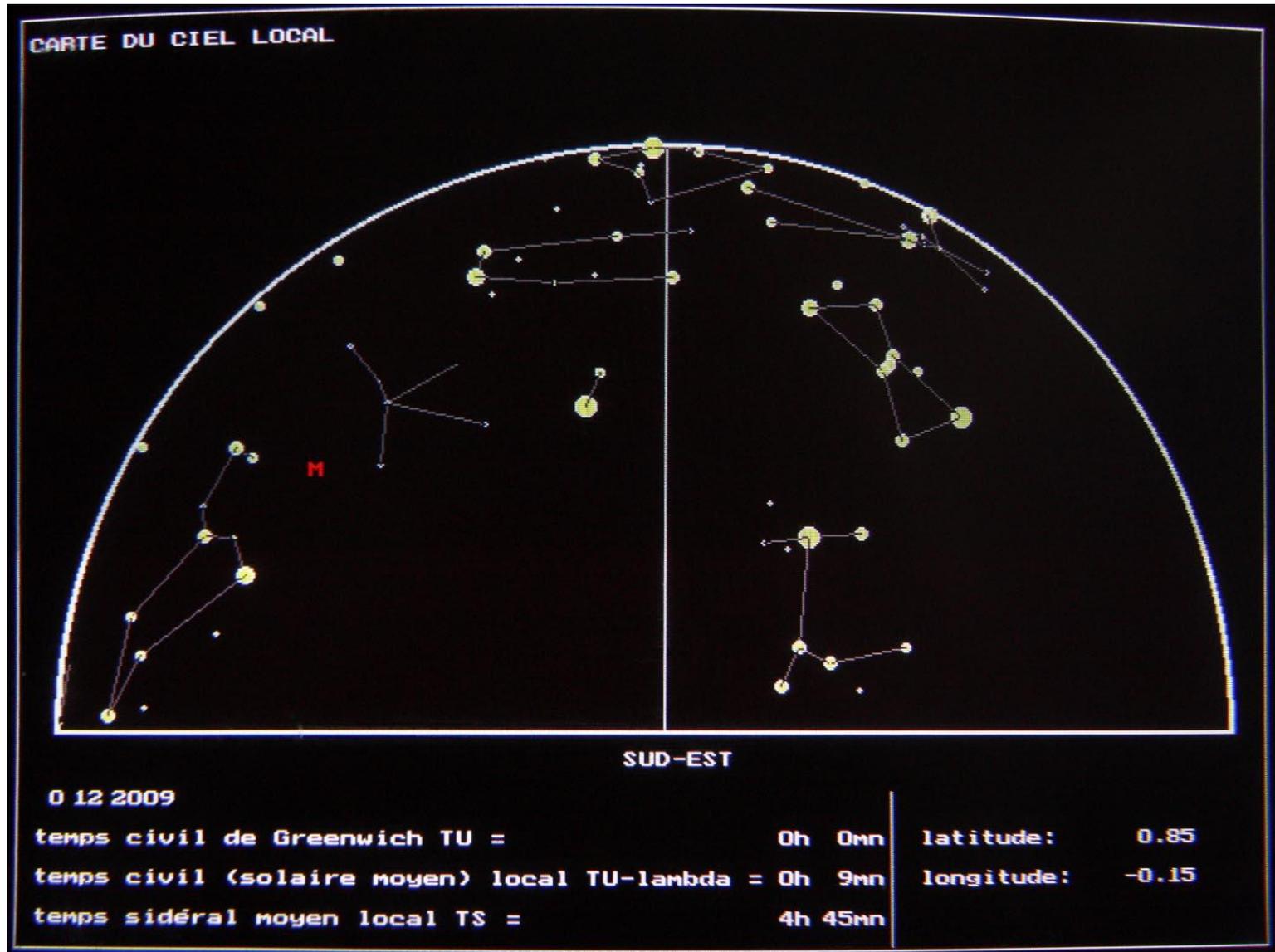


# Calcul du ciel local dans une direction donnée **SE**

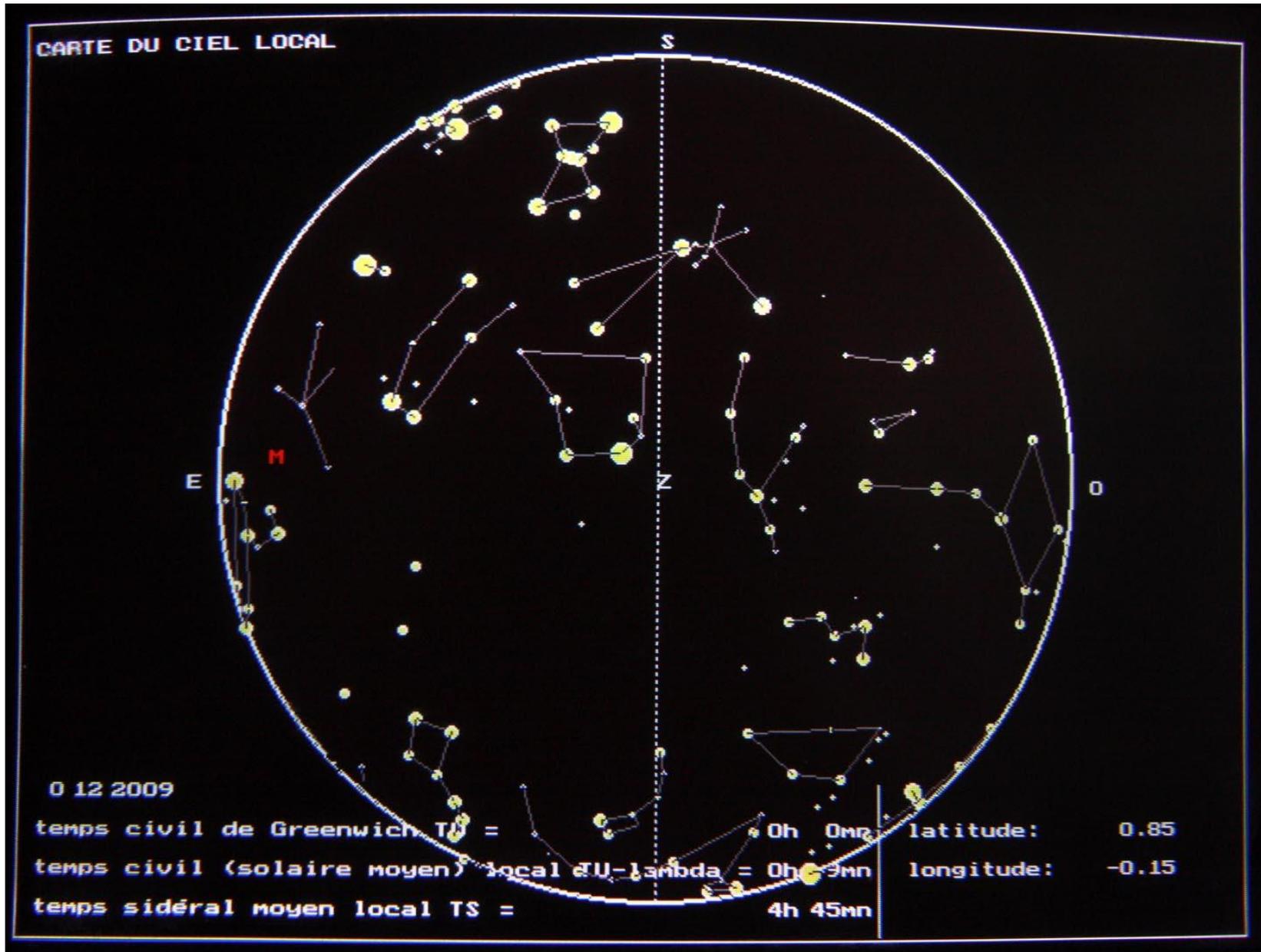


- nécessite de définir les étoiles à afficher
  - la sélection se fait par tri sur les azimuts calculés

- nécessite les changements de repère



# Calcul du ciel local centré sur le ZENITH



# Problèmes rencontrés



- découplage rotation / révolution
  - on est abusé par le langage courant, où date n'inclut pas heure
- éphémérides / représentation de la lune
  - échec total avec éléments à ma disposition
- compatibilité ascendante du programme
  - la scrutation des touches ne fonctionne plus correctement avec les processeurs trop rapides
  - les pilotes graphiques ne sont plus compatibles

# Perspectives



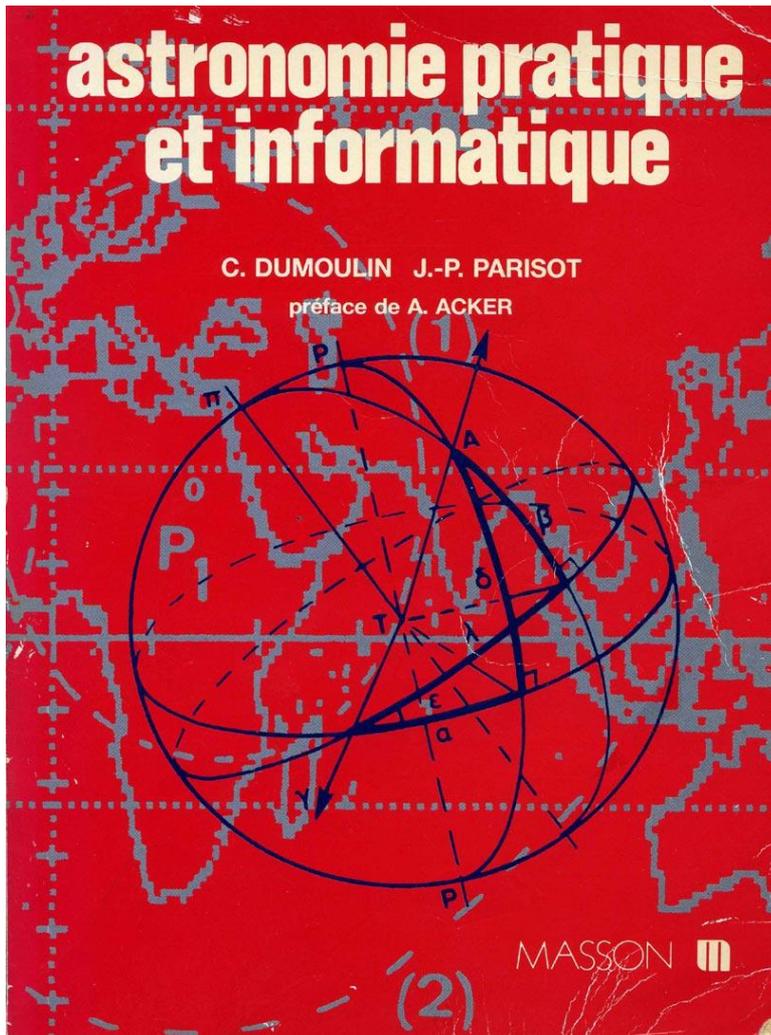
- tout rendre compatible avec interface Windows Seven
  - choix du langage: Visual Basic ? macros Excel suffisantes ?
  - tous les aspects du langage sont requis (graphiques, tris, base de données,..)!
- mener à leur terme les calculs pour la lune
  - échec total avec éléments à ma disposition
- enrichir les fonctionnalités
  - mener à terme le calcul des coordonnées locales de n'importe quel astre
  - aborder le calcul des éclipses ?

... et au-delà...



- **élargir la démarche de compréhension amont:**
  - calcul des perturbations
  - interpolations de mesures précises
  - **comment mesurer précisément la position d'un astre ?**
    - aujourd'hui
    - avec les moyens de nos ancêtres ?

# Bibliographie



**C. Dumoulin, J.-P. Parisot**

- astronomie pratique et informatique
- Masson, Paris, 1987