L'ECLAT DE MERCURE ET DE VENUS : Essayons d'y voir plus clair !

Au cours du printemps nous pourrons observer la planète Vénus (improprement appellée "étoile du berger"). Très brillante, vers l'ouest, après le coucher du Soleil. Son éclat a inspiré les poètes de tous les temps et suscite encore de nombreuses questions de la part d'élèves et de collègues.

La figure 1 nous rappelle que les deux planètes "inférieures" : Mercure et Vénus s'éloignent peu, angulairement de la direction Terre-Soleil. Elles ne sont observables que peu de temps avant le lever ou après le coucher du Soleil.

Si on prend la distance Soleil-Terre (ST) comme unité astronomique (ua), on a : SM = 0,39 ua et SV = 0,72 ua . Les élongations maximales qui correspondent aux positions 2 et 4 sont donc :

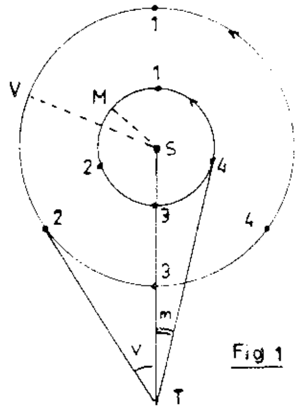

Fig 1

pour Mercure $\sin m = SM/ST$ $m = 30°$
pour Vénus $\sin v = SV/ST$ $v = 46°$

Avec un mouvement diurne de 15° par heure nous ne pourrons pas observer Mercure plus de 2 heures avant ou après le coucher du Soleil et 3 heures pour Vénus.

Ces planètes présentent des phases que Galilée observa pour la première fois en 1610 sur Vénus grâce à sa lunette de 2,5 cm de diamètre (amateurs à vos lunettes!). Ces phases sont :

- pleine Vénus (Mercure) en 1 : conjonction supérieure
- premier et dernier quartier en 2 et 4 : élongatiom maximale
- nouvelle Vénus (Mercure) en 3 : conjonction inférieure

Une trop rapide analogie avec les phases de la Lune conduirait à penser que Vénus apparait plus brillante dans la position 1, quand elle est pleine. Ce serait sans compter avec l'effet de distance, en effet : $TV_1 = 6*TV_3$

Nous allons rechercher à quelle position sur son orbite Vénus nous apparait la plus brillante. Ce doit être un compromis entre une pleine Vénus bien éclairée mais que l'on voit petite car éloignée, et une Vénus plus proche, donc que l'on voit plus grosse mais non complètement éclairée. Allons-y !

<u>Première question</u> : Quelle portion éclairée de la planète voit-on depuis la Terre ?

Plaçons-nous loin au dessus de l'orbite terrestre. Supposons que la planète effectue son mouvement de révolution dans le même plan que la Terre. Pour plus de clarté on a fortement grossi la planète (fig. 2). Le Soleil éclaire une demie sphère ADB de la planète. De la Terre, seule la portion ADC de cette partie éclairée est visible.

Le terminateur (limite entre l'ombre et la lumière) passant par A est la projection d'un demi grand cercle, c'est donc une demie ellipse (fig. 3) de demi grand axe : a = R et de demi petit axe : b. Ainsi la surface éclairée du disque vue de la Terre se compose d'un demi cercle et d'une demie ellipse. (la surface d'une ellipse est πab). Donc

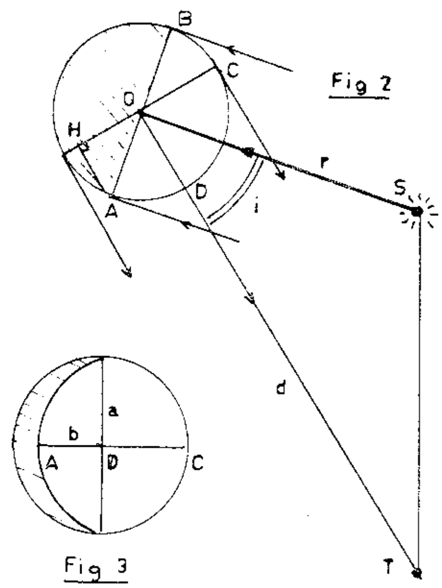

Fig 2

Fig 3

$$S = 1/2\,\pi R^2 + 1/2\,\pi ab$$

On appelle i = TOS l'angle de phase.
On retrouve cet angle en AOH.
Ainsi $b = R\cos i$ et puisque $a = R$:

$$S = \pi R^2 * 1/2(1+\cos i)$$

$k = 1/2(1+\cos i)$ est le coefficient de phase (k=1 pleine ; k=0,5 quartier ; k=0 nouvelle). Cette formule est évidemment utilisable pour les phases de la Lune.

<u>Deuxième question</u> : Quel éclairement la planète produit-elle sur la Terre ? En d'autres termes : nous paraît-elle plus ou moins brillante, ou encore : quelle est sa magnitude ?

Intuitivement on peut trouver que plusieurs paramètres interviennent :

- l'aptitude de la planète à réfléchir le rayonnement solaire dans une direction donnée.
- la surface éclairée S visible de la Terre.
- la distance r de la planète au Soleil.
- la distance d de la planète à la Terre.

Les deux premiers paramètres dépendent de l'angle de phase i. Soit f(i) cette fonction, dont la valeur est obtenue à partir d'observations antérieures.

L'éclairement de la planète par le Soleil est inversement proportionnel au carré de la distance Soleil-planète (r). Et l'éclairement de la Terre par la planète est inversement proportionnel au carré de la distance planète-Terre (d). Donc l'éclairement E reçu sur Terre est :

$$E = A * f(i) * \frac{1}{r^2} * \frac{1}{d^2}$$

On en déduit la magnitude grâce à la formule de Pogson :

$$m = C - 2{,}5 \log E$$
$$m = C - 2{,}5 \log A + 5 \log(r*d) - 2{,}5 \log f(i)$$
$$m = m_0 + 5 \log(r*d) - 2{,}5 \log f(i)$$

m_0 est la magnitude de la planète pour r = 1 ua et d = 1 ua.

Le terme $-2{,}5 \log f(i)$ est assez correctement représenté par un développement limité. Ce qui donne pour la magnitude (i en degrés, r et d en ua) :

$$m = m_0 + 5 \log(r*d) + a*(i/100) + b*(i/100)^2 + c*(i/100)^3$$

Les valeurs des coefficients sont données par Danjon (Astronomie générale) :

	m_0	a	b	c
Mercure	-0,21	3,80	-3,25	+2,00
Vénus	-4,14	0,09	+2,39	-0,65

Les lecteurs assidus des C.C. se souviennent de l'article de M. Toulmonde (modèle simplifié de l'univers n° 24) qui permet de déterminer les valeurs de r et d et ils peuvent donc s'adonner aux joies de la calculette. Toutefois voici les résultats donnés par Danjon dans l'hypothèse d'orbites circulaires :

	Mercure	Vénus
i	m	m
0°	-1,56	-3,66
20°	-0,96	-3,65
40°	-0,64	-3,68
60°	-0,48	-3,78
80°	-0,33	-3,99
100°	-0,15	-4,21
120°	+0,30	-4,31
140°	+1,10	-4,22
160°		-3,94
180°		-3,52

On remarque que Mercure est la plus brillante au moment de sa conjonction supérieure (i=0°). Hélas, elle est alors très proche du Soleil. Vénus au contraire est la plus brillante pour i=120,5° donc entre sa plus grande élongation (i=90°) et sa conjonction inférieure (i=180°). Enfin, on peut voir Vénus lors de sa conjonction inférieure car l'atmosphère de la planète crée un halo ayant un certain éclat.

<u>J. DUPRE</u>