

Franges de diffraction et vidéo

Lors des occultations par un objet céleste, Lune, astéroïde, planète..., cet objet fait écran, et donne lieu à des variations de luminosité du corps occulté. Ces variations sont le résultat des franges de diffraction dues à l'écran. Au cours du traitement des images d'occultation nous avons constaté que la disparition ou la réapparition de l'étoile se faisait en 2, 3, ou parfois 4 trames.

Les franges ne sont pas directement observables en vidéo : le flux mesuré de l'étoile est le résultat d'une pose de 20 ms. Une étude de photomètre rapide a montré qu'avec notre télescope il faudrait travailler avec des étoiles de magnitude supérieure à 2, ce qui ne se passe pas tous les jours. On s'est donc rabattu sur l'étude des franges avec l'espoir d'améliorer la précision de notre datation.

Un logiciel de simulation a été créé pour cette étude.

Rappel de la théorie

Les amplitudes et positions des franges sont calculées en partant des termes C_v et S_v utilisés dans le calcul des [spirales de Cornu](#). Ils ont respectivement pour valeur :

$$C(v) = \int_0^v \cos\left(\frac{\pi v^2}{2}\right), \quad S(v) = \int_0^v \sin\left(\frac{\pi v^2}{2}\right)$$

Les valeurs de v , argument servant au calcul des franges générées par un écran sur un trajet lumineux, sont calculées en utilisant l'équation ci-dessous :

$$v = d \left(\sqrt{\frac{2a}{b(a+b) \cdot \lambda}} \right)$$

Où :

a = distance source \Rightarrow écran ;

b = distance écran \Rightarrow observateur ;

λ = longueur d'onde de la source ;

d = le décalage par rapport à la ligne de visée (en laboratoire **d** est de l'ordre du $1/10^\circ$ de mm).

Cas de la Lune

Dans le cas d'une occultation d'étoile par la Lune, ou un astéroïde, la formule se simplifie :

a étant beaucoup plus grand que **b**, on considère que **a + b** est égal à **a** et la formule devient :

$$v = d \left(\sqrt{\frac{2}{b \cdot \lambda}} \right)$$

Cette fois, les ordres de grandeur pour **d** sont :

- des dizaines de mètres dans le cas de la Lune ;

- des centaines de mètres dans le cas des astéroïdes.

Si l'on fait : $\beta = \sqrt{\frac{2}{b \cdot \lambda}}$, on voit que : $d = \frac{v}{\beta}$.

Au cours d'une occultation la quantité β reste la même.

On peut, à l'aide de formules relativement simples, calculer les valeurs de v pour les maxi et mini successifs.

En utilisant pour les maxis : $v = \sqrt{4k - 2,5}$, et pour les minis : $v = \sqrt{4k - 0,5}$.

On peut dresser un tableau donnant les valeurs de v correspondant à ces extremums et calculer leurs positions par rapport à la ligne de visée. Il suffit de calculer la valeur de β et v , d'où d .

Si la vitesse d'approche des deux corps est connue on peut avoir la valeur de la durée des inter-franges.

Calcul rapide des positions des franges

Calcul des maxi et mini des franges (positions temporelles et métriques)

Dist T-L en m	384000000.00					
Diam lune	3740000.00	32.00				
Distance / "	1947.92					
Lambda	5.00E-07					
Beta	0.10					
V radiale	0.21	0.41				
K	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Nu Max	1.22	2.35	3.08	3.67	4.18	4.64
distance	12.00	22.98	30.20	36.00	40.99	45.43
Temps	29.34	56.17	73.83	88.01	100.20	111.06
Nu Min	1.87	2.74	3.39	3.94	4.42	4.85
distance	18.33	26.83	33.23	38.57	43.27	47.50
Temps	44.81	65.60	81.23	94.30	105.77	116.11

Ceci donne un ordre de grandeur des phénomènes en cours.

Si l'on change la vitesse radiale, le tableau devient :

Dist T-L en m	384000000.00					
Diam lune	3740000.00	32.00				
Distance / "	1947.92					
Lambda	5.00E-07					
Beta	0.10					
V radiale	0.50	0.97				
K	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Nu Max	1.22	2.35	3.08	3.67	4.18	4.64
distance	12.00	22.98	30.20	36.00	40.99	45.43
Temps	12.32	23.59	31.01	36.96	42.08	46.65
Nu Min	1.87	2.74	3.39	3.94	4.42	4.85
distance	18.33	26.83	33.23	38.57	43.27	47.50
Temps	18.82	27.55	34.11	39.61	44.42	48.77

Lors des occultations d'étoiles par la Lune les vitesses radiales calculées vont de 6 à 60 m·s⁻¹. Elles sont liées à la position du phénomène sur le bord de la Lune (elles sont plus faibles au pôle qu'à l'équateur lunaire).

Calcul rapide pour un astéroïde

La procédure générale est la même, on trouve sur les en-têtes des prédictions toutes les informations nécessaires pour le calcul.

À titre d'exemple, on peut utiliser les éléments pour l'occultation par Flora du 10/04/2004 :

OCCULTATION DE TYC 1916 01204 par FLORA 8 D						
OCCULTATION DE TYC 1916 01204 par FLORA 8 R						
Éléments Astéroïde et calculs						
Diamètre kr	135.000					
Diamètre ar	0.096 °		Rad			Calculs par parallaxe
parallaxe "	4.528	0.001	2.20E-05	2.91E+11		290 544 569 637.115
Durée occu	8.200				beta	3.71E-03
CALCULS						
Distance	=diamètre/sinus(diamètre)					
Flora			°	Rad	LAMBDA	500.000
DIAM m	135 000.000	0.096	2.67E-05	4.65E-07	BETA	3.71E-03
durée S	8.200		durée	8.200	vitesse m/ms	16.463
distance m					Distance m	290 059 883 784.979
rayon terre	6 378 140.000					
calcul des distances des extremum à l'astéroïde calculs par rayon astéroïde						
Vmax =racine(k*4-2.5)						
k	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	
Vmax	1.225	2.345	3.082	3.674	4.183	
d mètres	329.807	631.532	829.995	989.420	1 126.504	
durée msec	20.033	38.360	50.415	60.098	68.425	
Nb trames	1.002	1.918	2.521	3.005	3.421	
Vmin = racine(k*4-5)						
Vmin	1.871	2.739	3.391	3.937	4.416	
d mètres	503.788	737.470	913.193	1 060.180	1 189.135	
durée msec	30.600	44.794	55.468	64.396	72.229	
Nb trames	1.530	2.240	2.773	3.220	3.611	

On voit que la valeur de l'inter-frange est de 329 m parcourue en 20 ms ; soit pendant une trame. La vitesse utilisée est obtenue en divisant le diamètre de l'astéroïde par la durée de l'occultation.

(à suivre)

Thomas FLATRÈS & Jean-Jacques SACRÉ