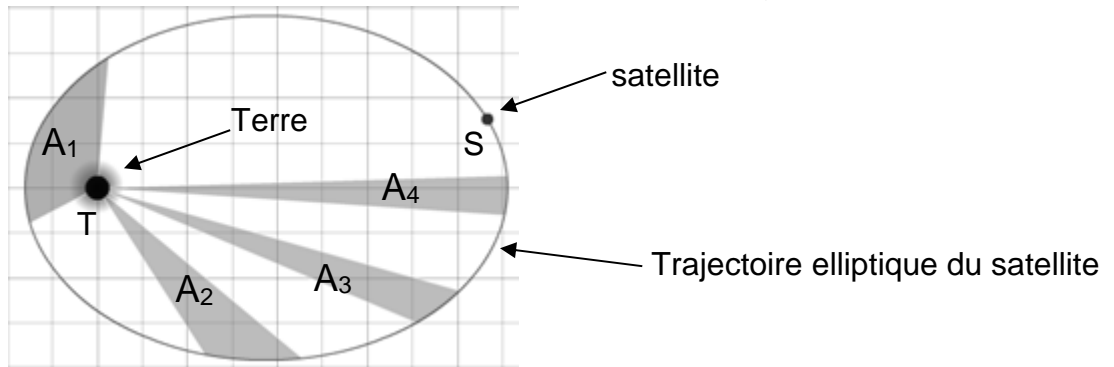


1. Mouvements des satellites SPOT et Météosat

1.1. (0,5) La deuxième loi de Kepler (aussi nommée loi des aires) indique que le rayon vecteur \overline{TS} , reliant le centre de la Terre au satellite, balaye des aires égales pendant des durées égales.



Les aires grisées A_1 , A_2 , A_3 et A_4 sont égales.

1.2. (0,5) La deuxième loi de Kepler indique que pour une durée donnée, les aires balayées par le rayon vecteur sont égales.

Les satellites SPOT et Météosat ont une orbite circulaire, donc le rayon de leur trajectoire est constant.

Cela implique que les longueurs d'arcs balayés pendant cette durée sont égales.

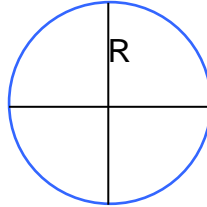
Ainsi la vitesse des satellites est constante.

Les satellites ont un mouvement **circulaire** et **uniforme**.

Ex : Pendant une durée $\Delta t = \frac{1}{4} T$ où T représente la période de révolution du satellite, le satellite

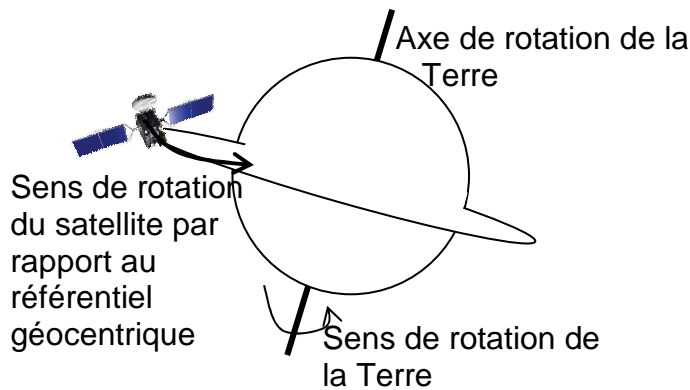
parcourt la distance $d = \frac{\pi}{2} \cdot R$ (*).

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot R}{\frac{T}{4}} = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot R \cdot 4}{T} = \frac{2\pi R}{T} = \text{Cte}$$



(*) Donnée du sujet : Longueur d d'un arc de cercle de rayon R et d'angle α (exprimé en radian) :
 $d = \alpha \cdot R$.

1.3. (0,5) Météosat est un satellite géostationnaire, il tourne autour de la Terre avec le même sens de rotation que celui de la Terre sur elle-même.



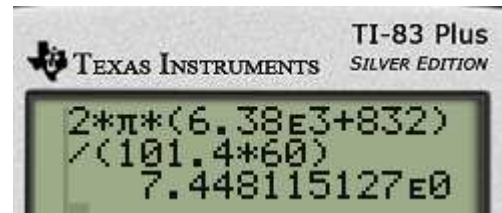
Ainsi il paraît immobile par rapport à un point de référence à la surface de la Terre.

1.4. (0,5) SPOT possède une orbite circulaire décrite en une période de $T_s = 101,4$ min et il est situé à l'altitude $h_s = 832$ km.

Le rayon de sa trajectoire est $R = R_T + h_s$

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T_s} = \frac{2\pi(R_T + h_s)}{T_s}$$

$$v = \frac{2\pi \times (6,38 \times 10^3 + 832)}{101,4 \times 60} = 7,45 \text{ km.s}^{-1}$$



1.5. (0,5) Troisième loi de Kepler dans le cas général d'un satellite terrestre en mouvement elliptique :

« Le rapport du carré de la période de révolution T du satellite autour de la Terre au cube du demi-grand axe de l'ellipse est constant. »

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{Cte.}$$

T période de révolution du satellite autour de la Terre, en s
a demi-grand axe de l'ellipse, en m.

Remarque : L'expression de la constante ($\text{Cte} = \frac{4\pi^2}{GM_T}$) n'est pas demandée.

1.6. (1,5) Les satellites étudiés ont des orbites circulaires, ainsi le demi-grand axe a est égal au rayon de la trajectoire $R + h$.

T_M période de Météosat, h_M altitude de Météosat

T_s période de SPOT, h_s altitude de SPOT

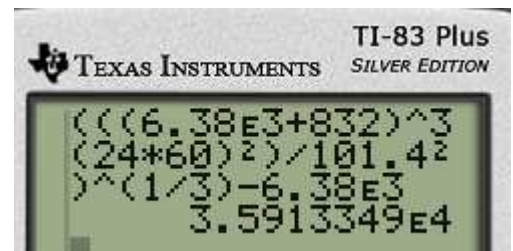
$$\frac{T_M^2}{(R_T + h_M)^3} = \frac{T_s^2}{(R_T + h_s)^3}$$

$$(R_T + h_M)^3 = \frac{(R_T + h_s)^3 \cdot T_M^2}{T_s^2}$$

$$R_T + h_M = \sqrt[3]{\frac{(R_T + h_s)^3 \cdot T_M^2}{T_s^2}}$$

$$h_M = \sqrt[3]{\frac{(R_T + h_s)^3 \cdot T_M^2}{T_s^2}} - R_T$$

$$h_M = \sqrt[3]{\frac{(6,38 \times 10^3 + 832)^3 \cdot (24 \times 60)^2}{101,4^2}} - 6,38 \times 10^3 = 3,59 \times 10^4 \text{ km}$$



T_M et T_s doivent être exprimées dans la même unité, par exemple en min.

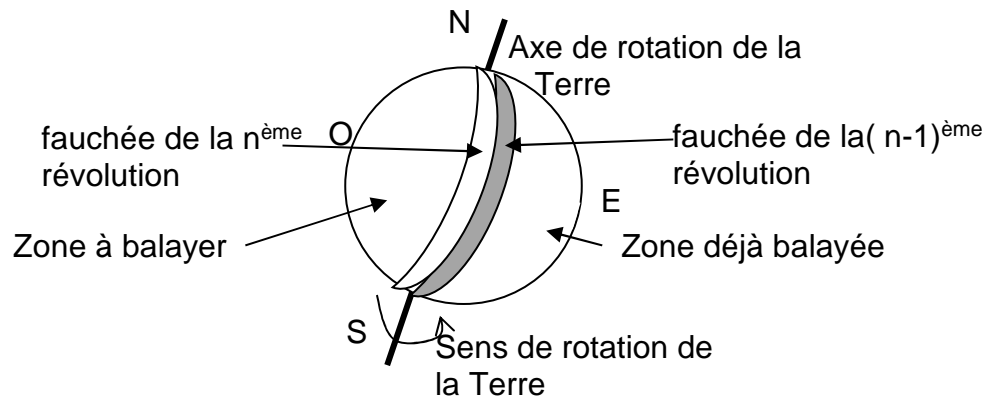
Météosat étant géostationnaire sa période de révolution est égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même, considérée égale à 24 h (en réalité 23h56 min).

2. SPOT en mode panchromatique

2.1. (0,5) Chaque pixel d'une largeur de 10 m correspond à un seul détecteur.

Il y a 6000 détecteurs, donc proportionnellement la fauchée a une largeur de $6000 \times 10 = 6,0 \times 10^4 \text{ m} = 60 \text{ km}$ (= plusieurs dizaines de kilomètres).

2.2. (0,5) Le document 1 indique le sens de rotation de la Terre.



L'orbite est héliosynchrone, c'est-à-dire que l'angle entre le plan de l'orbite et la direction du Soleil est quasi-constant. Le déplacement de la fauchée est la conséquence de la rotation propre de la Terre.

La fauchée correspondant à la $n^{\text{ème}}$ révolution de SPOT se situe **d'avantage à l'ouest** de la Terre.

2.3. (1) SPOT effectue une révolution en 101,4 min.

La Terre tourne de 360° en 24×60 min

Elle tourne de α° en 101,4 min

Ainsi $\alpha = \frac{360 \times 101,4}{24 \times 60} = 25,35^\circ$, soit avec deux chiffres significatifs $\alpha = 25^\circ$

Lorsque la Terre fait un tour complet soit une rotation de 360° , la fauchée se déplace de $2\pi R_T$.

Lorsque la Terre tourne de $25,35^\circ$, la fauchée se déplace seulement de d .

$$d = \frac{2\pi \times 6,38 \times 10^3 \times 25,35}{360} = 2,82 \times 10^3 \text{ km}$$

2.4. (0,5) SPOT repasse toutes les 101,4/2 minutes aux pôles. Ce sont les parties du globe les plus fréquemment « couvertes » par SPOT au cours d'un cycle orbital.

2.5. (1) D'après le document 1 « tous les 26 jours le satellite observe à nouveau la même région terrestre ».

En $T = 101,4$ min SPOT effectue une révolution

En $\Delta t = 26$ jours = $26 \times 24 \times 60$ min SPOT effectue N révolutions

$$N = \frac{\Delta t}{T}$$

$$N = \frac{26 \times 24 \times 60}{101,4} = 3,7 \times 10^2 \text{ révolutions.}$$

La question 2.3. indique que la fauchée s'est déplacée de $2,82 \times 10^3$ km à l'équateur en une révolution. Mais une fauchée ne fait que 60 km de large, et à chaque révolution du satellite, la zone terrestre observée n'est pas la même ce qui explique que plusieurs centaines de révolution soient nécessaires pour balayer la surface entière de la Terre.

2.6. (1) La végétation réfléchit bien mieux le proche IR que le rouge. Elle doit paraître plus claire en proche IR (image 2) qu'en rouge (image1).

Toutes les zones claires sur l'image 2 mais sombres sur l'image 1 sont dues à de la végétation.

D'autre part, l'eau possède dans tous les cas une réflectance faible, les zones qui apparaissent sombre sur les deux images doivent correspondre à de l'eau.

Pour finir, la réflectance des sols nus est presque identique dans les deux gammes de longueur d'onde, les zones qui ont environ la même luminosité doivent correspondre à du sol nu.

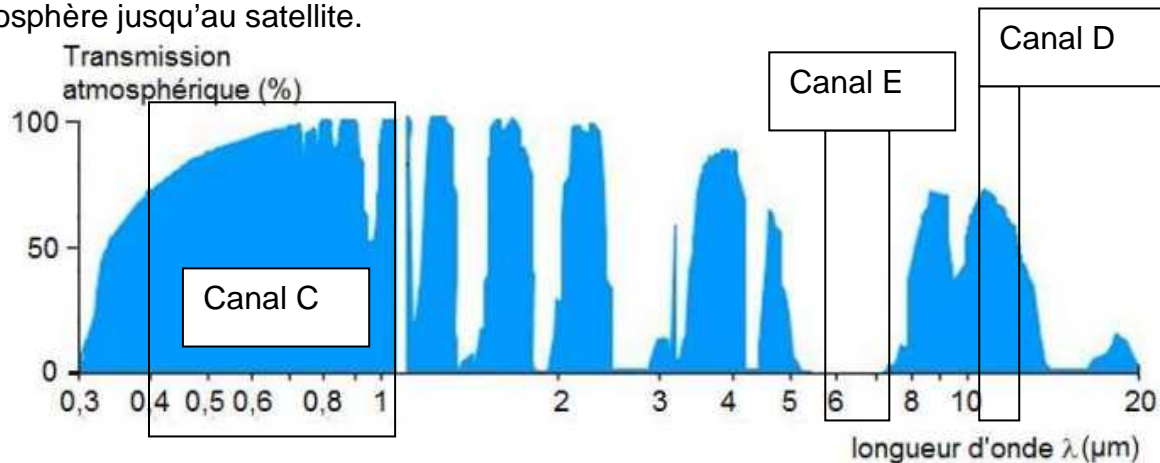
Avec une seule image, il n'aurait pas été possible de repérer les différentes zones avec certitude.

PS : Sur la partie inférieure gauche de l'image 1, on voit une large zone claire qui correspond à un flux intense. Sur cette même partie de l'image 2, cette zone paraît sombre, elle correspond alors à un flux plus faible. Seule l'eau possède une réflectance supérieure dans le rouge par rapport au proche infrarouge. Cette zone serait de l'eau.

3. Les trois canaux de Météosat

3.1. (0,5) La courbe de transmission des radiations électromagnétiques par l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde λ montre que la gamme de longueurs d'onde du canal E (entre 5,7 et 7,1 μm) n'est pas transmise par l'atmosphère. Les ondes captées par le radiomètre sur ce canal ne peuvent pas provenir de la surface de la Terre.

Pour les canaux C et D, les gammes de longueurs d'onde sont bien transmises du sol à travers l'atmosphère jusqu'au satellite.



3.2. (1) Le canal D a pour fonction de nous renseigner sur la température des nuages et de la surface terrestre. Comme vu précédemment la gamme de longueurs d'onde de ce canal permet la transmission depuis le sol vers le satellite à travers l'atmosphère.

D'autre part la gamme de longueurs d'onde choisie doit être en accord avec ces températures.

En utilisant la loi de Wien, on peut calculer la gamme de température qui correspond à la gamme de longueurs d'onde du canal D.

$$T = \frac{2,90 \times 10^3}{\lambda_{\max}} \quad \text{avec } 2,90 \times 10^3 \text{ en } \mu\text{m.K}$$

$$\text{Pour } \lambda_{\max} = 10,5 \mu\text{m}, \text{ alors } T_1 = \frac{2,90 \times 10^3}{10,5} = 276 \text{ K} = 3^\circ\text{C}$$

$$\text{Pour } \lambda_{\max} = 12,5 \mu\text{m}, \text{ alors } T_2 = \frac{2,90 \times 10^3}{12,5} = 232 \text{ K} = -41^\circ\text{C}$$

Le satellite peut détecter des corps dont la température varie entre -41°C et 3°C . Cette gamme de température paraît plutôt faible par rapport aux températures du sol terrestre, mais elle est bien adaptée aux nuages.