Exercice 3

EXERCICE 3 : LA FACE CACHÉE DE LA LUNE (5 POINTS)

La Lune est le satellite naturel de la Terre qui a été étudié, voire exploré, sous différents angles et qui continue de fasciner.



Figure 1. Photographie de la Lune
(Source : *Wikipédia)*

Données :

- Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2} ;
- Masse de la Lune : $M_L = 7{,}34\times10^{22}$ kg ;
- Masse de la Terre : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg ;
- Rayon de la Lune : $R_L = 1{,}74\times10^{6}$ m ;
- Distance moyenne du centre de la Terre à la Lune : $d_{T\text{-}L} = 384\,400$ km ;
- Distance moyenne du centre de la Terre au satellite relais Queqiao 2 : $d_{T\text{-}Q} = 449\,600$ km ;
- Distance moyenne satellite relais Queqiao 2 - Chang'e 6 : $d_{Q\text{-}C} = 65\,000$ km ;
- La célérité de la lumière dans le vide est supposée connue.

1. La Lune sous tous les angles

Dans cette partie, la Lune est modélisée par un point matériel L, de masse M_L, en orbite supposée circulaire à la distance $d_{T\text{-}L}$ du centre de la Terre T, de masse M_T. Le mouvement de la Lune est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. La seule interaction gravitationnelle prise en compte est celle entre la Terre et la Lune.

Q.1. Schématiser, sans souci d'échelle, la Terre et la Lune. Placer le repère de Frenet centré sur la Lune $(\overrightarrow{u_N}, \overrightarrow{u_T})$ et représenter la force à laquelle est soumise la Lune.

Q.2. Donner dans le repère de Frenet, l'expression vectorielle de la force à laquelle est soumise la Lune.

Q.3. Déduire de la seconde loi de Newton appliquée à la Lune, l'expression de la période de révolution de la Lune autour de la Terre :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{{d_{T\text{-}L}}^3}{G\times M_T}}$$

Q.4. Calculer la valeur de la période de révolution T de la Lune autour de la Terre. Sachant que la Lune tourne sur elle-même en environ 28 jours, expliquer pourquoi on ne voit qu'une seule face de la Lune.

Exercice 3

2. Comment bien communiquer ?

Après plusieurs explorations sur la face visible de la Lune, la Chine a mis en place une mission pour explorer la face cachée de la Lune. La mission utilise une sonde appelée Chang'e 6, du nom de la déesse de la Lune dans la mythologie chinoise.

Les services de communication ont besoin d'un satellite relais pour pouvoir interagir avec la sonde Chang'e 6 qui, du fait de sa position sur la face cachée ne peut pas interagir directement avec les instruments de communication sur Terre. Le 20 mars 2024, la Chine a donc envoyé en orbite lunaire le satellite relais Queqiao 2. Celui-ci a été placé sur une orbite optimisée (figure 2) pour assurer le relais depuis la face cachée.

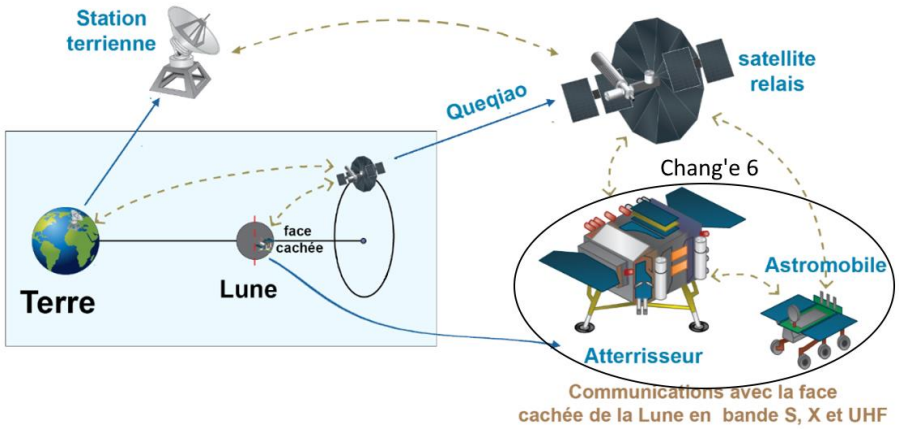


Figure 2. Schéma de principe de la mission Chang'e 6
(Source : *trustmyscience.com*)

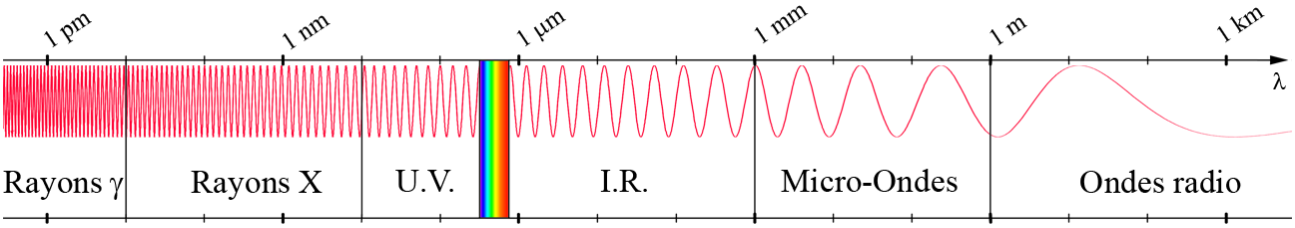


Figure 3. Spectre des ondes électromagnétiques
(Source : *CEA*)

La bande UHF est une bande de communication par signaux électromagnétiques de fréquences comprises entre 300 MHz et 3000 MHz.

Q.5. Déterminer les longueurs d'onde associées à ces signaux électromagnétiques. En déduire le domaine spectral auxquelles ils appartiennent.

Q.6. Estimer la durée nécessaire pour que l'information émise depuis la station terrienne parvienne à Chang'e 6. Commenter.

Exercice 3

3. L'exploration lunaire



Figure 4. Instrument DORN (Source : *cnes.fr)*

Chang'e 6 contient des appareillages permettant l'étude de différents paramètres de la face cachée de la Lune dont un instrument français nommé DORN développé à Toulouse.

DORN (*Detection of Outgassing Radon*) est un spectromètre alpha (ou à noyau d'hélium) constitué de détecteurs qui mesurent l'activité du radon en comptant les noyaux d'hélium créés lors de la désintégration du radon.

Les mesures effectuées lors de la mission Chang'e 6 montrent une activité du radon constante.

Le radon $^{222}_{86}Rn$ est un gaz rare inerte issu de la désintégration radioactive de l'uranium $^{238}_{92}U$ via le radium $^{226}_{88}Ra$ dans le sous-sol lunaire.

Données :

- Demi-vies :
  - 4,5 milliards d'années pour ^{238}U ;
  - 1 600 ans pour ^{226}Ra ;
  - 4 jours pour ^{222}Rn.

Q.7. Écrire l'équation de désintégration nucléaire pour passer du radium 226 au radon 222. En déduire le type de radioactivité.

Le radon 222 est le traceur idéal du dégazage lunaire car il est libéré du sous-sol lunaire et diffusé jusqu'à sa surface où il se désintègre.

Q.8. Définir la demi-vie d'un noyau radioactif.

Q.9. Tracer l'allure de la courbe d'évolution de décroissance radioactive du radon 222, $N = f(t)$, d'un échantillon ayant une population initiale N_0 de noyaux radioactifs. Représenter la demi-vie du radon 222 sur cette courbe.

Q.10. Justifier à l'aide des données fournies pour les différents noyaux radioactifs pourquoi le radon 222 est un traceur adapté à l'étude du dégazage lunaire sur une durée d'une semaine.