

Exercice 1 : Un trou noir

Pour cet exercice, on se situe dans un futur où les moyens technologiques permettent de voyager dans l'espace sur des grandes distances.

Donnée :

— constante universelle de la gravitation $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

On considère un vaisseau spatial V qui fait une mission de reconnaissance. Son but est d'étudier les trous noirs. Le vaisseau arrive à proximité d'un trou de centre T , de masse $M = 1,00 \times 10^{33} \text{ kg}$ et de rayon $R = 1500 \text{ km}$. Il se place en orbite à une distance $H = 100 \text{ km}$ et une navette N s'en rapproche jusqu'à une distance $d = 1,0 \text{ km}$ de l'horizon du trou noir. La masse du vaisseau est $m_v = 500 \text{ t}$ et celle de la navette $m_n = 100 \text{ t}$.

1. Quelle est la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}_{T/V}$ exercée par le trou noir sur le vaisseau ?
2. Quelle est la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}_{T/N}$ exercée par le trou noir sur la navette ?
3. Représentez ces deux forces sur le schéma de la figure 1. On prendra pour échelle $1 \text{ cm} \equiv 2 \times 10^{15} \text{ N}$
4. Les scientifiques de la navette ont travaillé pendant une durée $t = 6 \text{ mois}$. Combien de temps a duré la mission pour les personnes restées sur le vaisseau ?

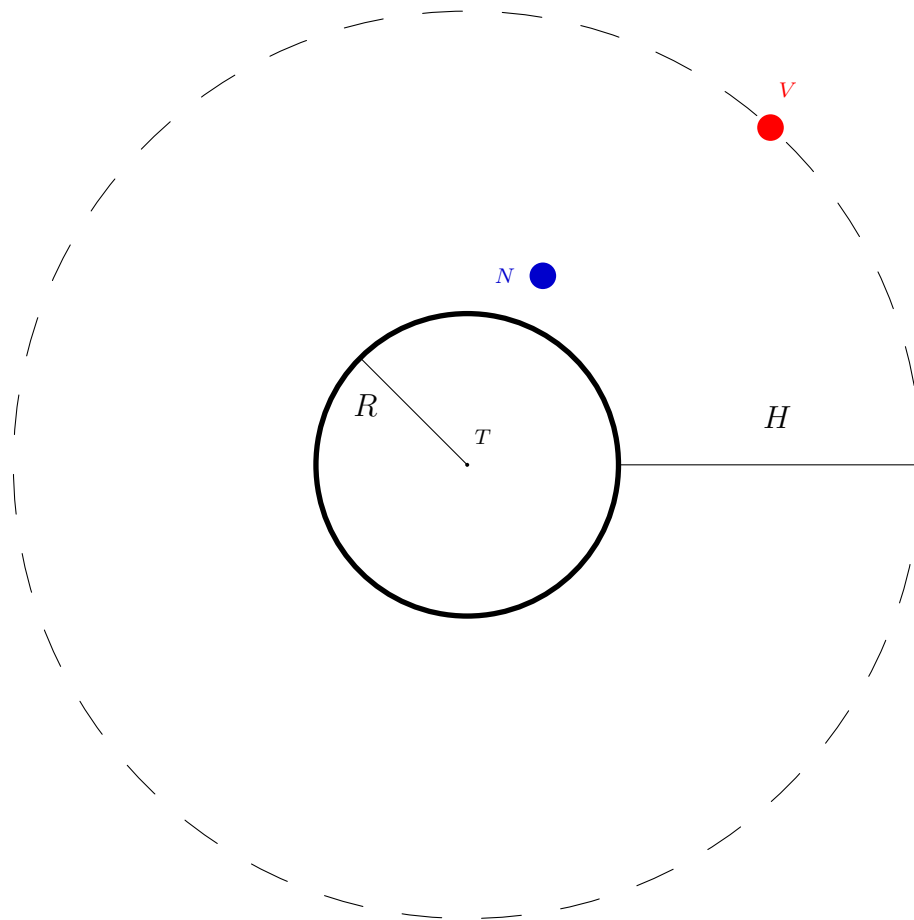
Document 1

FIGURE 1 – Schéma montrant les positions du vaisseau et de la navette à proximité du trou noir.

Source :

Document 2

En astrophysique, un trou noir est un objet céleste si compact que l'intensité de son champ gravitationnel empêche toute forme de matière ou de rayonnement de s'en échapper. De tels objets ne peuvent ni émettre, ni réfléchir la lumière et sont donc noirs.

Un trou noir possède une masse donnée, concentrée en un point que l'on appelle singularité gravitationnelle. Cette masse permet de définir une sphère appelée horizon du trou noir, centrée sur la singularité et dont le rayon est une limite maximale en deçà de laquelle le trou noir empêche tout rayonnement et a fortiori toute matière de s'échapper. Cette sphère représente en quelque sorte l'extension spatiale du trou noir.

Source : *Wikipédia*

Document 3

Un observateur qui regarde deux horloges immobiles, situés dans des champs gravitationnels différents, ne les voit pas fonctionner au même rythme. L'horloge située dans un champ gravitationnel plus intense (plus près de la surface de la Terre par exemple) semble ralentie par rapport à l'autre. L'effet devient important dans une situation extrême, à proximité d'un trou noir.

Source : *Richard Taillet, Pour la Science, novembre 2015*

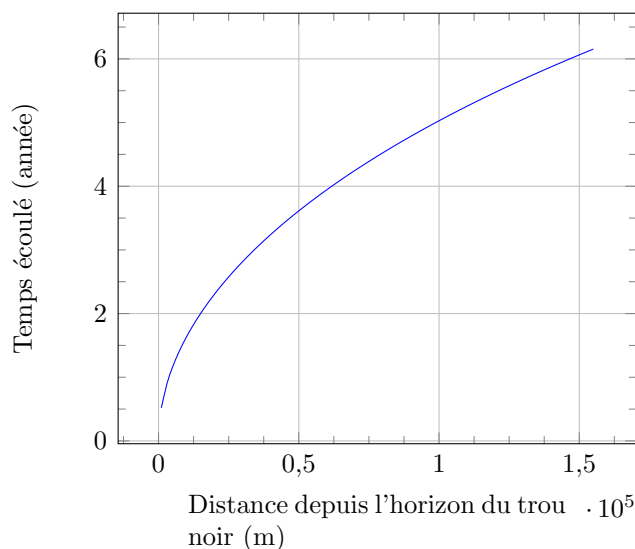
Document 4

FIGURE 2 – Ecoulement du temps différent suivant la position par rapport à l'horizon du trou noir.

Source : <https://sciencetonnante.wordpress.com>