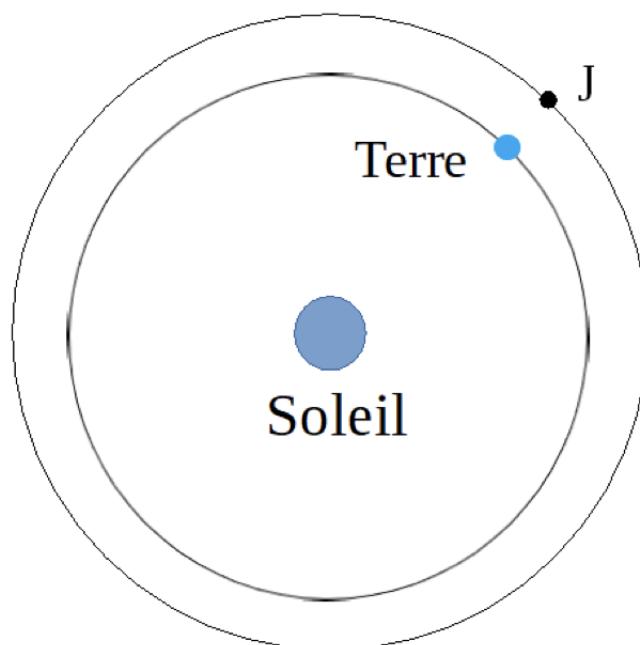


## DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

### EXERCICE A – Mouvement du télescope James-Webb dans un champ de gravitation

Question 1.

Schéma de l'orbite de la Terre et de J (en L<sub>2</sub>) autour du Soleil (l'échelle n'est pas respectée).

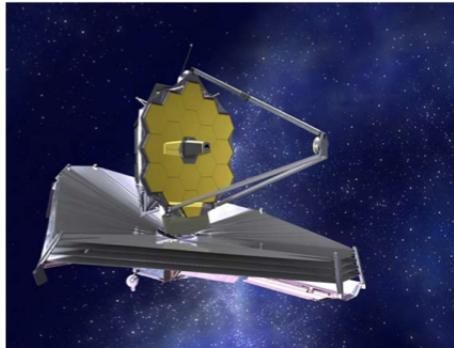


## Partie 2 : Sciences physiques

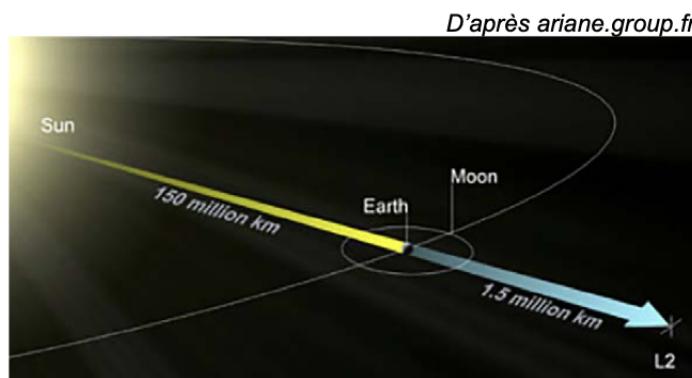
### EXERCICE A – Mouvement du télescope James-Webb dans un champ de gravitation

Le télescope spatial James-Webb, lancé par Ariane 5 le 25 décembre 2021, stationne au point de Lagrange L<sub>2</sub> pour effectuer sa mission d'observation de l'espace lointain. L<sub>2</sub> est situé à environ 1,5 million de km de la Terre, soit à 1 % seulement de la distance Soleil-Terre. C'est un bon emplacement pour un observatoire de l'espace lointain comme l'est James-Webb.

L<sub>2</sub> est l'un des cinq points remarquables du système Soleil-Terre. Tout objet de faible masse qui s'y trouve garde sa position relative par rapport à la Terre et au Soleil en dehors de toute perturbation. Cet alignement assure au télescope de demeurer dans l'ombre portée de la Terre et donc à l'abri du rayonnement thermique du Soleil.



Télescope James-Webb



Position du point L<sub>2</sub> par rapport à la Terre et au Soleil

Données :

Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$

Masse du Soleil :  $M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Masse de la Terre :  $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Masse de James-Webb :  $m = 6 \times 10^3 \text{ kg}$

Distance moyenne Soleil James-Webb :  $D = 1,51 \times 10^{11} \text{ m}$

Distance moyenne Terre James-Webb :  $d = 1,50 \times 10^9 \text{ m}$

Durée d'une année terrestre : 365,24 jours

On étudie le système {télescope James-Webb}, représenté par le point J, dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen. Il subit simultanément l'interaction gravitationnelle du Soleil et celle de la Terre. Son mouvement est considéré ici comme circulaire, comme l'est celui de la Terre.

**1.** Positionner, sans souci d'échelle, sur le schéma du **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la base de Frenet au point L<sub>2</sub> ainsi que les forces gravitationnelles exercées par le Soleil S sur J,  $\vec{F}_{S/J}$ , et par la Terre T sur J,  $\vec{F}_{T/J}$

**2.** À partir de la deuxième loi de Newton, montrer que dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement de J est uniforme.

**3.** Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse  $v$  de J dans le référentiel héliocentrique est :  $v = \sqrt{D \times G \times \left(\frac{M_T}{d^2} + \frac{M_S}{D^2}\right)}$ .

La valeur  $v$  de la vitesse du télescope est d'environ  $30 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  (proche de celle de la Terre).

**4.** Établir l'expression de la période de révolution  $T$  du télescope spatial James-Webb en fonction de  $D$  et  $v$ .

**5.** Calculer la période de révolution  $T$  du télescope, exprimée en jours. Conclure en commentant « l'alignement » du télescope.

## 2. Étude cinétique de la décoloration

Les résultats expérimentaux permettent de tracer l'évolution de la vitesse de disparition de l'ion  $P^{2-}$  en fonction de sa concentration (figure 1).

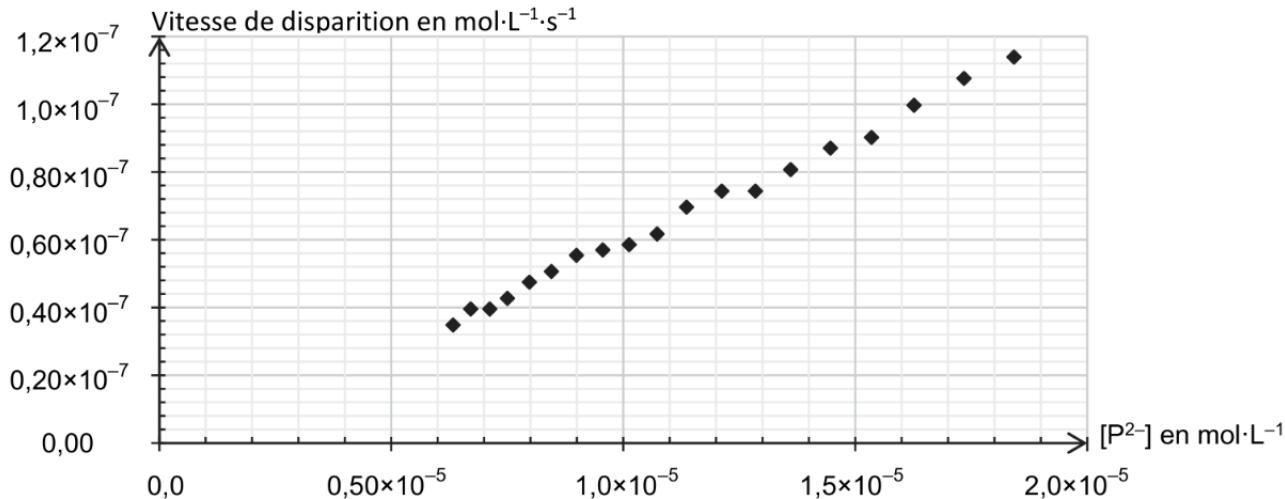


Figure 1. Évolution de la vitesse de disparition de la forme  $P^{2-}$  en fonction de la concentration en  $P^{2-}$

On fait l'hypothèse que l'évolution de la concentration suit une loi de vitesse d'ordre 1.

**Q4.** Expliquer en quoi les résultats expérimentaux donnés en figure 1 sont compatibles avec cette hypothèse.

Dans ce cadre, la concentration en ions  $P^{2-}$  à l'instant  $t$ , notée  $[P^{2-}](t)$ , est régie par l'équation différentielle :

$$\frac{d[P^{2-}](t)}{dt} = -k \cdot [P^{2-}](t)$$

**Q5.** Déterminer le coefficient  $k$  à l'aide du graphique de la figure 1.

La figure 2 de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** présente l'évolution temporelle de la concentration de la forme  $P^{2-}$  de la phénolphtaléine.

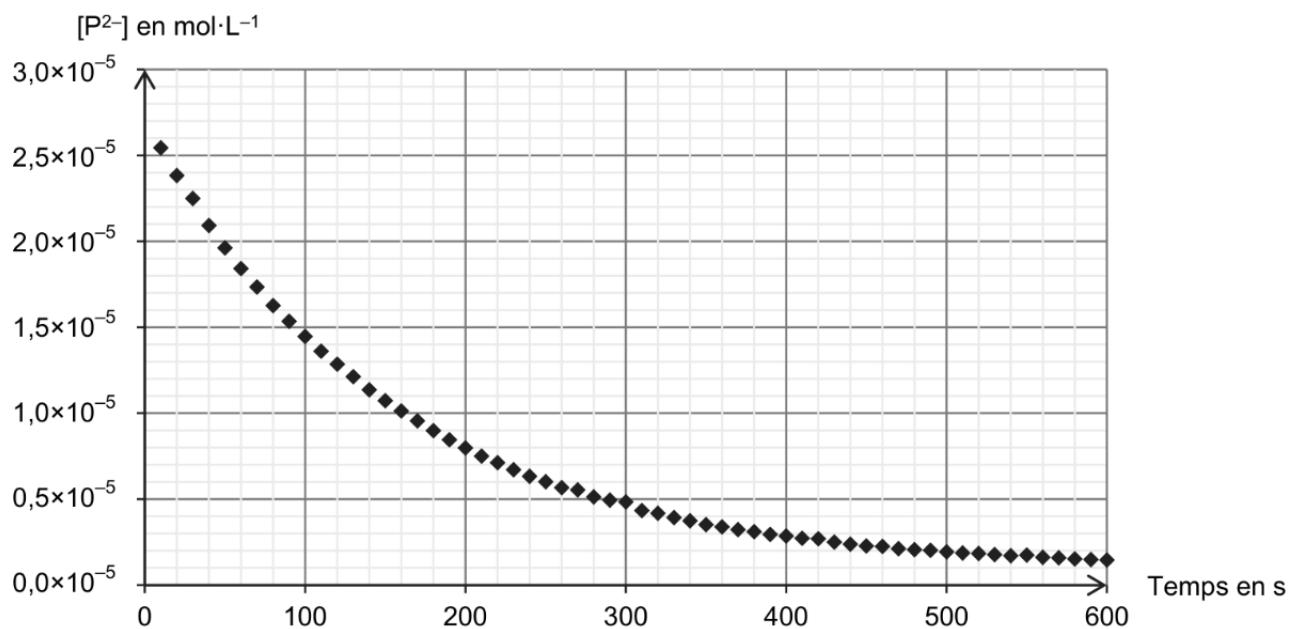
**Q6.** Déterminer, à l'aide de la figure 2 de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la valeur de la vitesse volumique de disparition  $v_d$  de la forme  $P^{2-}$  de la phénolphtaléine à la date  $t = 200$  s. On fera apparaître la construction effectuée sur le graphique.

**Q7.** Indiquer, en justifiant la réponse, l'évolution de cette vitesse au cours du temps.

**Q8.** Définir le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  et estimer sa valeur dans le cas de cette transformation chimique, considérée totale.

La concentration en ions  $P^{2-}$  de la phénolphtaléine suit la loi d'équation :  $[P^{2-}](t) = [P^{2-}]_0 \cdot e^{-kt}$ , où  $k$  correspond à la constante déterminée à la question **Q5**.

**Q9.** Déterminer la relation entre  $k$  et  $t_{1/2}$ .

**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**Figure 2. Évolution temporelle de la concentration de la forme  $P^{2-}$  de la phénolphtaléine