Corrigé – Brevet 2024 – sciences – Métropole, Antilles et Guyane (remplacement)

Le télescope spatial James Webb, Une douche qui recycle son eau

Corrigé détaillé rédigé par Benjamin, professeur particulier – benprofparticulier.fr

Physique-chimie – Le télescope spatial James Webb *(25 pts)*

Question 1 (7 points)

1a. D'après le texte d'introduction, les observations du télescope James Webb doivent faire progresser les connaissances dans deux domaines :

- la **formation des étoiles et des galaxies** ;
- la **composition des atmosphères des planètes situées en dehors du système solaire** (les exoplanètes).

1b. Un mouvement circulaire uniforme est un mouvement dont :

- la **trajectoire est un cercle** (ou un arc de cercle) : c'est le mot « circulaire » ;
- la **valeur de la vitesse est constante** : c'est le mot « uniforme ». L'objet parcourt des distances égales pendant des durées égales.

1c. C'est le **schéma n°1** qui représente correctement les mouvements.

Sur le schéma n°1, à chaque date, le Soleil, la Terre et le télescope sont alignés (T_1 et t_1, T_2 et t_2… sont sur une même droite passant par le Soleil), la distance Terre-télescope reste la même et les positions successives du télescope sont régulièrement espacées sur son cercle : le télescope a bien un mouvement circulaire uniforme qui accompagne la Terre.

Le schéma n°2 n'est pas correct : les positions t_1 à t_4 du télescope sont très rapprochées et restent près de T_1 et T_2, alors que la Terre avance beaucoup plus. Le télescope n'est donc plus aligné avec le Soleil et la Terre (par exemple, t_4 est loin de T_4), et sa distance à la Terre augmente au lieu de rester égale à 1,5 million de kilomètres. De plus, avec un mouvement aussi lent, il ne pourrait pas faire le tour complet de sa trajectoire en un an comme l'indique le texte.

Question 2 (6 points)

2a. La molécule de dioxyde de carbone est formée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène : sa formule chimique est $\mathbf{CO_2}$.

2b. On détermine la composition atomique de chaque modèle à l'aide de la légende :

Modèle	Composition atomique	Formule et nom	Présente dans l'atmosphère ?
n°1	1 atome de soufre, 2 atomes d'oxygène	SO_2, dioxyde de soufre	non (non citée)
n°2	1 atome de carbone, 1 atome d'oxygène	CO, monoxyde de carbone	**oui**
n°3	1 atome d'oxygène, 2 atomes d'hydrogène	H_2O, eau	**oui**

Modèle	Composition atomique	Formule et nom	Présente dans l'atmosphère ?
n°4	1 atome de carbone, 4 atomes d'hydrogène	CH_4, méthane	non (le texte précise « pas de méthane »)
n°5	1 atome de soufre, 2 atomes d'hydrogène	H_2S, sulfure d'hydrogène	**oui**

Les trois modèles qui correspondent à des molécules présentes dans l'atmosphère de la planète sont donc : **modèle n°2 → monoxyde de carbone CO**, **modèle n°3 → eau H_2O** et **modèle n°5 → sulfure d'hydrogène H_2S**.

> ⚠ **Piège.** Les modèles n°1 et n°5 ont tous les deux un gros atome central de soufre (rayé) : regarde bien la couleur des petits atomes. Gris = oxygène (SO_2), blanc = hydrogène (H_2S).

Question 3 (7 points)

3a. La planète est à 92 ua de son étoile, et 1 ua = 150 millions de kilomètres. Donc :

$$D = 92 \times 150 = 13800$$

D = 13 800 millions de kilomètres (soit $1{,}38 \times 10^{10}$ km).

Dans le système solaire, la planète la plus éloignée du Soleil, Neptune, est à 4 500 millions de kilomètres. Or $\frac{13800}{4500} \approx 3{,}1$: la planète observée est environ **3 fois plus loin de son étoile que Neptune ne l'est du Soleil**. Ce système planétaire est donc beaucoup plus grand que le système solaire (au moins trois fois plus étendu).

3b. La masse volumique moyenne d'un objet est le quotient de sa masse par son volume : $\rho = \frac{m}{V}$. La planète a un diamètre quasiment identique à celui de Jupiter : elle a donc à peu près le **même volume**. Mais sa masse est environ **sept fois plus grande**. À volume égal, une masse plus grande donne une masse volumique plus grande : la masse volumique moyenne de cette planète est donc environ sept fois plus grande que celle de Jupiter.

Question 4 (5 points)

4a. Pour calculer la force exercée par la Terre (objet A) sur le télescope (objet B), il faut la masse de la Terre, la masse du télescope et la distance Terre-télescope, en mètres :

- **case n°1** : $5{,}98 \times 10^{24}$ (masse de la Terre, en kg) ;
- **case n°2** : 6 200 (masse du télescope, en kg) ;
- **case n°3** : $1{,}49 \times 10^{9}$ (distance Terre-télescope, en m).

Les cases n°1 et n°2 peuvent être échangées, puisque les deux masses sont multipliées. Le calcul (non demandé) donne :

$$F_{T/t} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{5{,}98 \times 10^{24} \times 6200}{(1{,}49 \times 10^{9})^2} \approx 1{,}1 \text{ N}$$

4b. La valeur de la force gravitationnelle dépend de deux grandeurs : elle diminue quand la distance augmente, mais elle augmente avec les masses des objets.

- Le Soleil est environ 100 fois plus loin du télescope que la Terre. Comme la distance est **au carré** dans la formule, cet éloignement divise la force par environ $100 \times 100 = 10\,000$.
- Mais la masse du Soleil ($1{,}99 \times 10^{30}$ kg) est bien plus grande que celle de la Terre ($5{,}98 \times 10^{24}$ kg) : il y a 6 puissances de 10 d'écart, le Soleil est environ **330 000 fois plus massif** que la Terre. Cette masse multiplie la force par environ 330 000.

L'effet de l'énorme masse du Soleil ($\times 330\,000$ environ) l'emporte largement sur l'effet de sa distance ($\div 10\,000$ environ) : la force exercée par le Soleil sur le télescope est donc plus grande que celle exercée par la Terre, environ 30 fois plus grande. Le calcul le confirme : $F_{S/t} \approx 36$ N contre $F_{T/t} \approx 1{,}1$ N.

> 💡 **Astuce.** « Sans calcul » ne veut pas dire sans chiffres : comparer les ordres de grandeur (10^{30} kg contre 10^{24} kg, distance $\times 100$ donc force $\div 10\,000$) est la meilleure justification possible.

Technologie – Une douche qui recycle son eau *(25 pts)*

Question 1 (3 points, sur l'annexe réponse 1)

Ce système répond à l'enjeu de la **préservation de la ressource en eau** (développement durable). Les douches représentent 39 % des utilisations domestiques de l'eau : en recyclant l'eau en cycle fermé, cette douche permet d'économiser de 70 % à 90 % de l'eau consommée par rapport à une douche classique. Elle répond aussi à un enjeu **économique** : elle réduit la facture d'eau des ménages, alors que le prix de l'eau a augmenté de 10 % en 10 ans en France.

Question 2 (6 points, sur l'annexe réponse 1)

Fonctions techniques	**Solutions techniques**
nettoyer et désinfecter l'eau	**filtre + stérilisateur UV**
réchauffer l'eau	**chauffe-eau**
évacuer l'eau	**vanne d'évacuation**
faire circuler l'eau en cycle fermé	pompe
stocker l'eau	réservoir
contrôler le système	boitier de commande

Justification (documents 1 et 2) : le filtre « retire les matières en suspension et les produits chimiques » et le stérilisateur UV « détruit les bactéries et les virus » ; le chauffe-eau maintient la température ; la vanne d'évacuation laisse partir l'eau à l'égout (elle la bloque en cycle fermé) ; la pompe « fait circuler l'eau uniquement en cycle fermé » ; le réservoir stocke 5 L d'eau ; le boitier de commande permet de régler le débit, la température et de choisir le cycle.

Question 3 (6 points, sur l'annexe réponse 1)

	Calcul	**Résultat et unité**
Scénario 1	6 min en cycle ouvert à 15 L/min : 6×15	**V1 = 90 L**
Scénario 2	1 min en cycle ouvert à 15 L/min, puis 5 L pour le cycle fermé : $1 \times 15 + 5$	**V2 = 20 L**
Gain de consommation d'eau	G = (90 − 20) / 90 = 70 / 90 ≈ 0,778	**G ≈ 78 %**

En cycle ouvert, le volume consommé est $V = \text{débit} \times \text{durée}$. En cycle fermé, l'eau tourne en boucle : quelle que soit la durée, on ne consomme que les 5 L nécessaires au fonctionnement.

$$G = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{90 - 20}{90} \approx 0{,}778$$

soit un gain d'environ **78 %**.

Conclusion : pour une douche de 6 minutes, la douche à cycle fermé permet d'économiser environ 78 % de l'eau. Cette valeur est bien comprise entre 70 % et 90 % : elle est **conforme aux valeurs annoncées par la société** dans l'introduction.

> ⚠ **Piège.** Dans le scénario 2, ne multiplie pas les 5 L par les 5 minutes : 5 L est le volume total nécessaire au cycle fermé, pas un débit. $V2 = 15 + 5 = 20$ L, et non $15 + 25 = 40$ L.

Question 4 (4 points, sur l'annexe réponse 2)

Caractéristiques de la pompe (document 2, fonction « Faire circuler l'eau en cycle fermé ») :

- **pression : 4 bars** ;
- **débit : 15 L/min**.

Sur le document 4, on se place à un débit de 15 L/min et on lit la pression fournie par chaque pompe : environ 4,6 bars pour la pompe 1, environ 4 bars pour la pompe 2 et environ 3,2 bars pour la pompe 3. Seule la courbe de la pompe 2 passe par le point (15 L/min ; 4 bars).

Choix de la pompe : **pompe 2**.

Question 5 (6 points, sur l'annexe réponse 2)

Les sept blocs à replacer (pompe, démarrer, cycle fermé, ouvrir, chauffe-eau, haut, arrêter) sont utilisés chacun une fois. Programme complété, bloc par bloc (les réponses sont en gras) :

- répéter indéfiniment :
- si mode = cycle ouvert alors :
  - mettre **pompe** à arrêter ;
  - mettre chauffe-eau à arrêter ;
  - mettre stérilisateur UV à **arrêter** ;
  - mettre vanne d'alimentation à ouvrir ;
  - mettre vanne d'évacuation à ouvrir.
- si mode = **cycle fermé** alors :
  - mettre pompe à **démarrer** ;
  - mettre **chauffe-eau** à démarrer ;
  - mettre stérilisateur UV à démarrer ;
  - mettre vanne d'alimentation à ouvrir ;
  - mettre vanne d'évacuation à fermer.
- attendre jusqu'à ce que niveau d'eau = haut ;
- mettre vanne d'alimentation à fermer ;
- si niveau d'eau = bas alors : mettre vanne d'alimentation à **ouvrir** ;
- attendre jusqu'à ce que niveau d'eau = **haut** ;
- mettre vanne d'alimentation à fermer.

Ce programme traduit le document 5 : en cycle ouvert, la pompe, le chauffe-eau et le stérilisateur UV sont arrêtés et les deux vannes sont ouvertes ; en cycle fermé, la vanne d'évacuation se ferme et la pompe, le stérilisateur UV et le chauffe-eau démarrent. Quand le niveau haut du réservoir est atteint, la vanne d'alimentation se ferme ; si le niveau bas est atteint, elle s'ouvre jusqu'à ce que le réservoir soit de nouveau rempli (niveau haut), puis elle se referme.

Conseils pour le jour J

L'épreuve dure 1 heure pour les deux disciplines : 30 minutes chacune, pas plus. En technologie, les réponses se font sur les annexes 1 et 2 (pages 8 et 9) : remplis-les proprement et glisse-les dans ta copie, sinon tes réponses sont perdues.

En physique-chimie, beaucoup de questions demandent de justifier sans calculer (1c, 3b, 4b) : appuie-toi sur une définition (mouvement circulaire uniforme, $\rho = \frac{m}{V}$) ou sur la formule donnée, et compare les ordres de grandeur. À la question 2b, écris la composition atomique de chaque modèle avant de conclure : c'est ce que le correcteur attend comme justification.

En technologie, la question 3 rapporte autant que la question 2 : pose chaque calcul avec son unité (L), donne le pourcentage, puis n'oublie pas la phrase de comparaison avec les 70 % à 90 % annoncés. Pour le programme de la question 5, suis le document 5 phrase par phrase et coche chaque bloc utilisé : il y en a exactement sept pour sept cases.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).