ANNALES MATINÉES DU BAC — SUJET D'ENTRAÎNEMENT

MDB-ANNALE-PC-01 · format de la session 2027

PHYSIQUE-CHIMIE

Enseignement de spécialité · Classe de terminale, voie générale

Durée de l'épreuve : 3 h 30

Épreuve écrite notée sur 20 points

L'usage de la calculatrice est autorisé en mode examen. Aucun autre document n'est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte trois exercices indépendants, à traiter tous les trois.

Partie	Thème	Points
Exercice 1 — Le chlore d'une piscine	Constitution et transformations de la matière	6 points
Exercice 2 — Rejoindre une station spatiale	Mouvement et interactions	6 points
Exercice 3 — Refroidir une sauce en cuisine	L'énergie : conversions et transferts	6 points
Maîtrise de la langue	ensemble de la copie	2 points

Maîtrise de la langue (2 points). Sont évalués sur l'ensemble de la copie : le respect des normes orthographiques et syntaxiques, l'emploi d'un vocabulaire scientifique juste, et la capacité à formuler un raisonnement organisé et clairement rédigé.

Chaque résultat numérique est donné avec son unité et un nombre de chiffres significatifs cohérent avec les données. Lorsqu'une question demande un raisonnement détaillé, toute démarche pertinente, même non aboutie, est valorisée. Toutes les données chiffrées des documents sont construites pour l'entraînement.

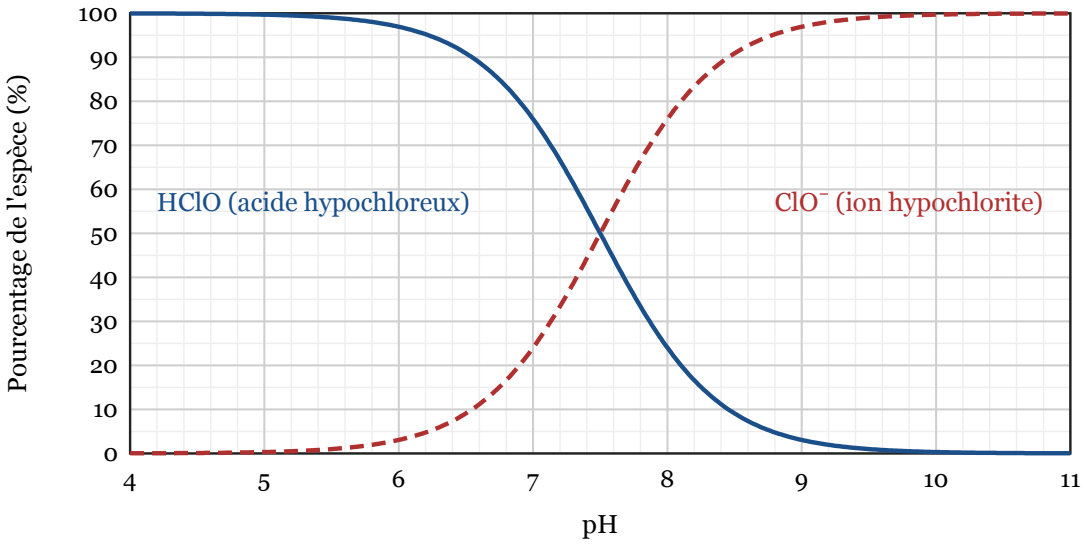
Sujet inédit conçu par Les Matinées du Bac pour l'entraînement. Il n'a pas de valeur officielle.

EXERCICE 1 — Le chlore d'une piscine (6 points)

Thème : constitution et transformations de la matière.

L'eau d'une piscine privée est désinfectée par du « chlore » : on y dissout de l'hypochlorite de sodium, qui apporte en solution l'acide hypochloreux HClO(aq) et sa base conjuguée, l'ion hypochlorite ClO^-(aq). L'ensemble de ces deux espèces constitue le **chlore libre**. Le propriétaire dispose d'une trousse d'analyse qui mesure le pH et la concentration en chlore libre.

DOCUMENT 1 — Diagramme de distribution du couple HClO(aq) / ClO^-(aq) à 25 °C



Document 1 — pourcentages d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite en fonction du pH

DOCUMENT 2 — Ce qui désinfecte l'eau

L'acide hypochloreux, molécule neutre, traverse facilement la paroi des bactéries et les détruit ; l'ion hypochlorite, chargé, est un désinfectant bien moins efficace. On retient pour cet exercice les règles suivantes :

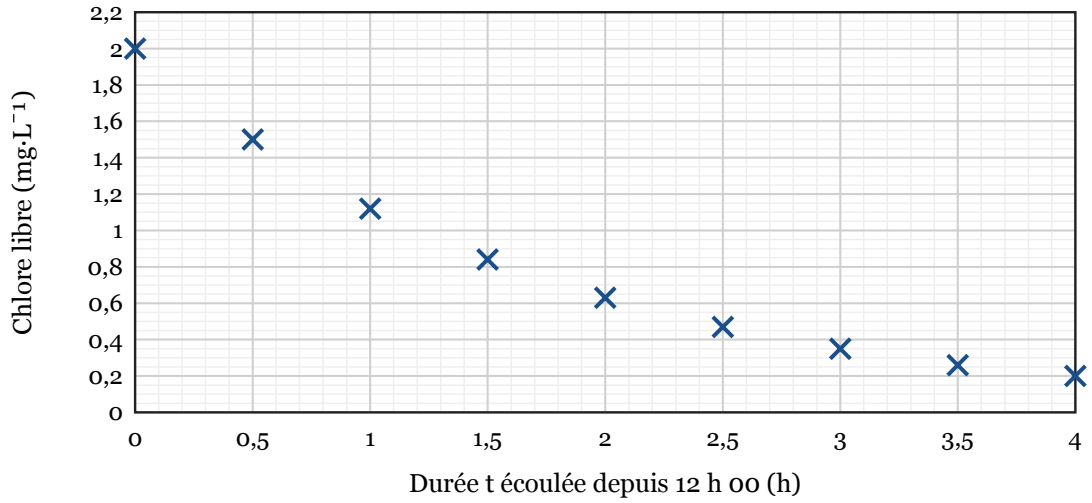
- l'eau est correctement désinfectée si la concentration en masse d'**acide hypochloreux** est au moins égale à **0,50 mg·L⁻¹** ;
- la concentration en masse de **chlore libre** ne doit pas dépasser **2,0 mg·L⁻¹** (irritation des yeux et des muqueuses) ;
- le pH de l'eau peut être abaissé par ajout d'un produit acide (« pH moins ») ; un pH compris entre 6,9 et 7,7 est toléré.

Les concentrations en chlore libre sont exprimées comme si tout le chlore libre était sous forme HClO.

DOCUMENT 3 — Suivi du chlore libre au cours d'un après-midi ensoleillé

Un jour de grand soleil, le propriétaire ajuste le pH à 7,2 et la concentration en chlore libre à 2,0 mg·L⁻¹ à 12 h 00, puis mesure le chlore libre toutes les trente minutes, sans rien ajouter. Le pH reste égal à 7,2.

t (h)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
C (mg·L⁻¹)	2,00	1,50	1,12	0,84	0,63	0,47	0,35	0,26	0,20



Document 3 — concentration en masse de chlore libre en fonction de la durée écoulée depuis 12 h 00

DONNÉES

- pK_A du couple HClO(aq) / ClO^-(aq) à 25 °C : **pK_A = 7,5**
- On admet qu'à pH = 7,2, **67 %** du chlore libre est sous forme d'acide hypochloreux.
- La disparition du chlore libre sous l'effet de la lumière solaire est modélisée par la transformation lente et totale d'une espèce notée Cl_{libre}.

Questions

Partie A — Quelle forme du chlore libre ?

1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide hypochloreux avec l'eau, puis l'expression de la constante d'acidité K_A du couple. Indiquer, en justifiant, l'espèce prédominante dans une eau de pH = 8,0. *(1 point)*

2. Établir la relation entre le pH, le pK_A et le rapport $[ClO^-]/[HClO]$, puis en déduire que le pourcentage d'acide hypochloreux parmi le chlore libre s'écrit $100 / (1 + 10^{pH - pKA})$. Vérifier la cohérence de cette expression avec le document 1 en un point bien choisi. *(1 point)*

3. Un matin, le propriétaire mesure un pH de 8,2 et une concentration en chlore libre de 1,8 mg·L⁻¹. Il hésite entre ajouter du chlore et ajouter du « pH moins ». Que lui conseiller ? La réponse sera argumentée et appuyée sur des calculs. *(1,5 point)*

Partie B — Le chlore libre au soleil

4. Montrer que l'évolution de la concentration en chlore libre au cours de l'après-midi est compatible avec une loi de vitesse d'ordre 1, et déterminer la constante de vitesse k. *(1 point)*

5. À partir de quelle heure l'eau de la piscine n'est-elle plus correctement désinfectée ? *(1 point)*

6. Un jour de ciel couvert, le chlore libre disparaît beaucoup plus lentement. Interpréter cette observation, puis proposer une mesure simple permettant de limiter la consommation de chlore de la piscine. *(0,5 point)*

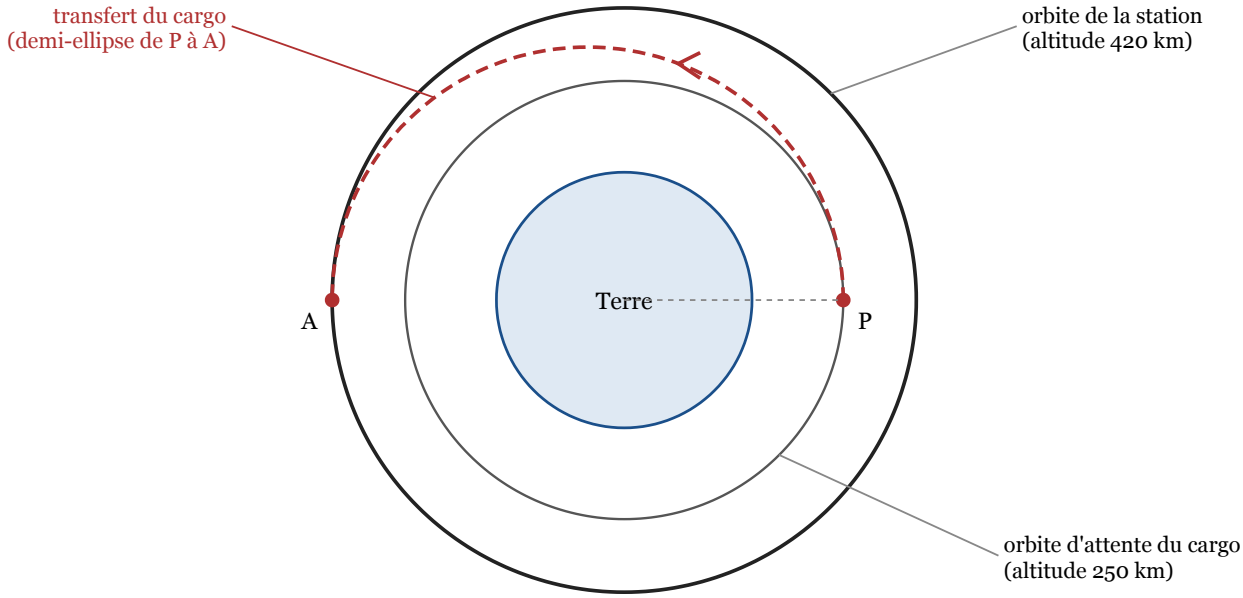
EXERCICE 2 — Rejoindre une station spatiale (6 points)

Thème : mouvement et interactions.

Un cargo automatique doit ravitailler une station spatiale en orbite circulaire autour de la Terre, à l'altitude h_S = 420 km. Après son lancement, le cargo est placé sur une orbite circulaire d'attente, plus basse, à l'altitude h_C = 250 km, dans le même plan que celle de la station et parcourue dans le même sens.

Pour rejoindre la station, le cargo allume brièvement son moteur au point P de son orbite d'attente : il décrit alors une demi-ellipse dont le périgée est P et l'apogée A, situé sur l'orbite de la station. Le cargo doit arriver en A **au moment précis** où la station y passe.

DOCUMENT 1 — Les orbites du cargo et de la station



P : allumage du moteur · A : arrivée et amarrage · schéma sans souci d'échelle, mouvements dans le même plan et le même sens.

Document 1 — orbite d'attente, orbite de la station et trajectoire de transfert du cargo

DOCUMENT 2 — Troisième loi de Kepler pour une orbite elliptique

Pour un satellite de la Terre décrivant une ellipse de demi-grand axe a, la période de révolution T vérifie :

$T^2 / a^3 = 4\pi^2 / (G \cdot M_T)$

Pour l'ellipse de transfert, le demi-grand axe vaut la moitié de la distance PA, mesurée en passant par le centre de la Terre.

DONNÉES

- Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$
- Masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg
- Rayon de la Terre : $R_T = 6\,371$ km
- Durée d'un jour : 86 400 s
- La station et le cargo sont modélisés par des points matériels. Le référentiel géocentrique est supposé galiléen. Seule l'attraction de la Terre est prise en compte, sauf à la question 6.

Questions

1. Représenter, sur un schéma, la force qui s'exerce sur la station et donner son expression vectorielle. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que, sur une orbite circulaire, le mouvement de la station est uniforme. *(1 point)*

2. Établir l'expression de la vitesse v_S de la station en fonction de G, M_T et du rayon r_S de son orbite. Calculer v_S et la période de révolution T_S de la station. Combien de levers de Soleil l'équipage de la station observe-t-il en une journée ? *(1,5 point)*

3. Montrer que, pour une orbite circulaire, le rapport T^2/r^3 ne dépend que de la masse de la Terre. *(1 point)*

4. Déterminer la durée du transfert du cargo de P à A. *(1 point)*

5. Au moment où le cargo allume son moteur en P, la station doit occuper une position bien précise sur son orbite. Déterminer l'angle, mesuré depuis le centre de la Terre, qui sépare alors la station du cargo, et préciser si la station doit être en avance ou en retard sur le cargo. Le raisonnement sera détaillé, même s'il n'aboutit pas. *(1 point)*

6. En réalité, la station frôle les couches très ténues de la haute atmosphère, qui la freinent : son altitude diminue lentement et doit être régulièrement rehaussée. Expliquer pourquoi, paradoxalement, la vitesse de la station augmente pendant cette lente descente. *(0,5 point)*

EXERCICE 3 — Refroidir une sauce en cuisine (6 points)

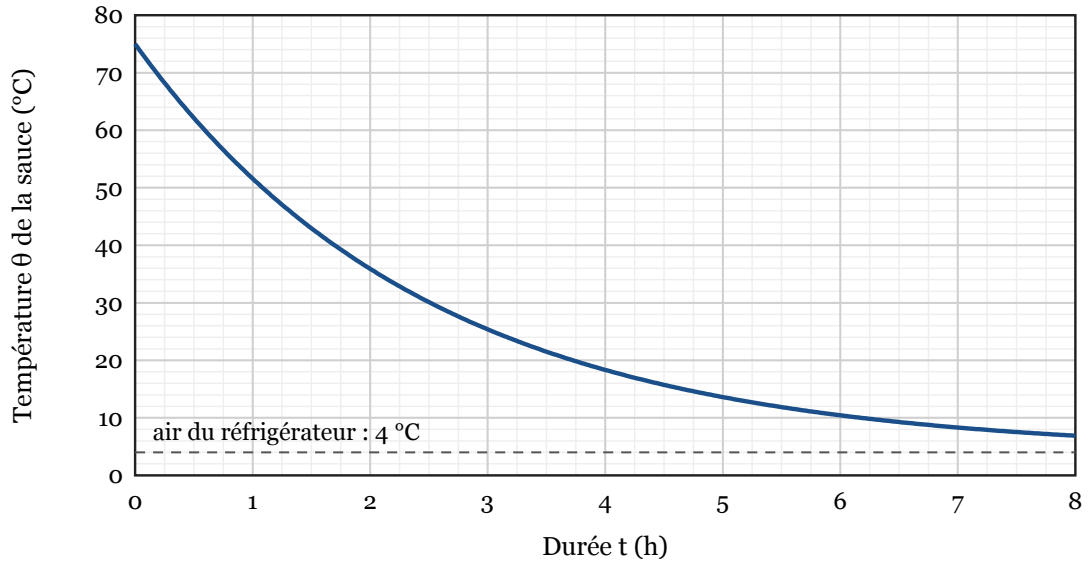
Thème : l'énergie : conversions et transferts.

Un traiteur prépare chaque matin **10 kg** d'une sauce, qui sort du feu à 75 °C. Elle doit être refroidie puis conservée au froid. Les règles d'hygiène en restauration imposent un refroidissement rapide : **la température de la sauce doit passer de 63 °C à 10 °C en moins de deux heures**, afin de limiter le temps passé dans la zone où les bactéries se multiplient le plus vite.

Le traiteur dispose d'un réfrigérateur ordinaire et d'une cellule de refroidissement. Il possède des bacs plats et un bac profond, et se demande comment procéder.

DOCUMENT 1 — Un essai au réfrigérateur

Le traiteur a placé **5,0 kg** de sauce à 75 °C dans un **bac plat**, puis a introduit ce bac dans le réfrigérateur, dont l'air est maintenu à 4 °C. Une sonde enregistre la température de la sauce.



Document 1 — température de la sauce placée dans un bac plat au réfrigérateur

DOCUMENT 2 — Échanges thermiques entre la sauce et l'air

Le flux thermique Φ cédé par la sauce, de température θ, à l'air environnant, de température θ_{air} constante, est modélisé par la loi de Newton :

$$\Phi = h \cdot S \cdot (\theta - \theta_{air})$$

où S est la surface d'échange entre le bac et l'air, et h le coefficient d'échange thermique, qui dépend de la manière dont l'air circule autour du bac.

DOCUMENT 3 — Le matériel du traiteur

Équipement	Caractéristiques
Réfrigérateur	air immobile maintenu à 4 °C
Cellule de refroidissement	air brassé par des ventilateurs, maintenu à −18 °C ; le coefficient d'échange h y est **2,0 fois plus grand** que dans le réfrigérateur
Bac plat	contient au plus 5,0 kg de sauce ; surface d'échange S = 0,30 m² (le bac de l'essai)
Bac profond	contient les 10 kg de sauce ; surface d'échange S = 0,32 m²

La cellule et le réfrigérateur peuvent accueillir plusieurs bacs à la fois, sans que la température de leur air ni le coefficient h ne soient modifiés.

DONNÉES

- Capacité thermique massique de la sauce : $c = 3{,}9 \times 10^{3}\ \text{J·kg}^{-1}\text{·K}^{-1}$
- La température de la sauce est supposée uniforme dans le bac ; la capacité thermique du bac est négligée.

Questions

1. Indiquer le sens du transfert thermique entre la sauce et l'air du réfrigérateur ainsi que son mode principal, puis expliquer pourquoi la température de la sauce diminue de moins en moins vite au cours de l'essai. *(1 point)*

2. Proposer au traiteur une façon de refroidir ses 10 kg de sauce qui respecte les règles d'hygiène, en montrant que les autres possibilités ne conviennent pas. Le raisonnement suivi sera détaillé, même s'il n'aboutit pas ; toute démarche pertinente sera valorisée. *(4 points)*

3. Identifier une hypothèse du modèle qui n'est pas parfaitement vérifiée en cuisine, et indiquer si elle est susceptible de modifier le conseil donné au traiteur. *(1 point)*

Sujet inédit conçu par Les Matinées du Bac pour l'entraînement. Il n'a pas de valeur officielle.