

Partie chimie

Le candidat traite **AU CHOIX** 2 exercices sur les 3 proposés

Exercice 1 : Oxygénothérapie

Mots-clés : Loi des gaz parfaits, bilan de matière, débit.

Exercice 2 : Le rouge Ponceau, un colorant alimentaire

Mots-clés : DJA, dosage par étalonnage, concentration en masse.

Exercice 3 : Remplacer les sucres dans l'alimentation

Mots-clés : DJA, concentrations molaire et massique.

Le candidat *choisit obligatoirement deux exercices parmi les trois proposés* et indique clairement son choix au début de la copie.

Les exercices sont indépendants.

Exercice 1 : Oxygénothérapie (10 points)

Mots-clés : Loi des gaz parfaits, bilan de matière, débit.

La drépanocytose entraîne des crises douloureuses qui peuvent être atténuées par des médicaments antalgiques et une hydratation par voie intraveineuse, mais si la douleur persiste, la médication peut être complétée par une oxygénothérapie. L'oxygénothérapie consiste en un apport supplémentaire de dioxygène à l'organisme.

Document 1 – Utilisation des bouteilles de dioxygène

Le dioxygène est stocké à l'état gazeux comprimé à une pression initiale de 200 bar, dans des bouteilles spécialement conçues et de différents volumes selon leur utilisation. À la sortie des bouteilles, la pression du gaz est réduite par un manodétendeur pour la rendre acceptable par le patient. Au fur et à mesure que la bouteille se vide, la pression du gaz à l'intérieur diminue. Un débitmètre permet de régler le débit de dioxygène suivant la prescription médicale. D'après l'Association Nationale pour les Traitements à Domicile

Document 2 – Durée d'autonomie d'une bouteille de dioxygène B2

Les bouteilles B2 de volume 2,0 litres sont utilisées pour l'oxygénothérapie de déambulation. La masse totale moyenne de la bouteille pleine de dioxygène comprimé à 200 bar est de 5,8 kg. La durée d'autonomie d'une bouteille B2 est donnée dans le tableau ci-dessous, pour différentes valeurs de la pression initiale de la bouteille et du débit de dioxygène délivré par le manodétendeur.

Pression dans la bouteille en bar	Débit de O ₂ à la sortie du manodétendeur			
	3 L · min ⁻¹	6 L · min ⁻¹	9 L · min ⁻¹	15 L · min ⁻¹
200	2 h 15 min	1 h 05 min	0 h 45 min	0 h 25 min
150	1 h 40 min	0 h 50 min	0 h 30 min	0 h 20 min
100	1 h 05 min	0 h 30 min	0 h 20 min	0 h 10 min
50	0 h 30 min	0 h 15 min	0 h 10 min	< 10 min

D'après ansm.sante.fr pour les bouteilles d'Air liquide.

Document 3 – La loi des gaz parfaits

$$P \times V = n \times R \times T$$

P : pression du gaz (Pa)

V : volume occupé par le gaz (m^3)

n : quantité de matière du gaz (mol)

R : constante des gaz parfaits où $R = 8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

T : température du gaz (K). On rappelle que $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

Données :

— $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ et $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$.

— $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

— Pression atmosphérique normale : $P_{\text{atm}} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$.

— Masse molaire moléculaire du dioxygène O_2 : $M_{\text{O}_2} = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1 – La pression du dioxygène à l'intérieur d'une bouteille B2 neuve est égale à 200 bar. Convertir cette valeur en pascal.

$$200 \text{ bar} = 200 \times 10^5 \text{ Pa}$$

1

2 – Montrer alors qu'à 20°C , la quantité de matière de dioxygène contenue dans la bouteille B2 neuve est voisine de $n_{\text{O}_2} = 16,4 \text{ mol}$.

$$\text{On utilise la loi des gaz parfaits : } n = \frac{P \times V}{R \times T} = \frac{200 \times 10^5 \text{ Pa} \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}} = 16,4 \text{ mol}$$

1

3 – Calculer la masse m_{O_2} du dioxygène contenu à une pression de 200 bar dans la bouteille B2 neuve.

$$m_{\text{O}_2} = M_{\text{O}_2} \times n_{\text{O}_2} = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 16,4 \text{ mol} = 526 \text{ g}$$

1,5

4 – Montrer que la masse du gaz représente moins de 10 % de la masse totale de la bouteille pleine.

$$5,8 \text{ kg} = 5800 \text{ g}, \text{ donc la masse de dioxygène représente } \frac{526}{5800} = 9\% < 10\% \text{ de la masse totale de la bouteille.}$$

1

5 – Vérifier que le volume de dioxygène à la pression atmosphérique, libérable par la bouteille B2 neuve à la température de 20°C est d'environ $0,4 \text{ m}^3$.

$$\text{Pour calculer le volume de dioxygène à pression atmosphérique, on utilise la loi des gaz parfaits}$$
$$V = \frac{n \times R \times T}{P} = \frac{16,4 \text{ mol} \times 8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}}{1,01 \times 10^5 \text{ Pa}} = 0,40 \text{ m}^3$$

1,5

6 – La bouteille B2 est initialement à la pression de 200 bar et le manodétendeur est réglé pour délivrer un débit $D = 3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ de gaz à la pression atmosphérique. Vérifier que la durée d'autonomie est bien en accord avec celle indiquée dans le **document 2**.

On rappelle que le débit D d'écoulement d'un gaz ou d'un liquide est défini par :

$$D = \frac{\text{volume écoulée}}{\text{durée de l'écoulement}} = \frac{V}{\Delta t}$$

On peut calculer le temps que met la bouteille à se vider à partir de la relation du débit

$$\text{Durée} = \Delta t = \frac{V}{D} = \frac{400 \text{ L}}{3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}} = 133 \text{ min} = 2 \text{ h } 13 \text{ min}$$

On trouve une durée cohérente.

2

7 – Justifier qualitativement l'évolution de la durée d'autonomie en fonction du débit du gaz.

Quand le débit augmente, la bouteille se vide plus rapidement et donc l'autonomie baisse.

1

8 – En exploitant la relation du **document 3**, expliquer pourquoi la pression dans la bouteille diminue au fil de l'utilisation à température constante.

Le volume occupé et la température reste constante, mais la quantité de matière diminue, donc la pression diminue.

1

Exercice 2 : Le rouge Ponceau, un colorant alimentaire (10 points)

Mots-clés : Dose journalière admissible, dosage par étalonnage, concentration en masse.

Document 1 – La couleur des macarons

Les macarons sont des gâteaux individuels à l'amande dont les goûts peuvent être différents. Les macarons sont souvent colorés. Pour cela, certains professionnels n'hésitent pas à jouer la surenchère en ayant recours à un surdosage des colorants. Cependant, l'utilisation de ces substances dans les denrées alimentaires est rigoureusement encadrée par la réglementation sur les additifs.

Macarons, la ronde des couleurs / economie.gouv.fr

Document 2 – Le colorant E124

Le rouge Ponceau AR (E124) est un colorant azoïque de synthèse. C'est un additif alimentaire qui peut remplacer le rouge de cochenille (E120) car il est moins cher. En Europe, la dose journalière admissible (DJA) est de 0,7 milligramme par kilogramme de masse corporelle. En France, son usage doit s'accompagner de la mention « Peut avoir des effets indésirables sur l'activité et l'attention chez les enfants ».

Colorant-alimentaire.fr

On souhaite déterminer la quantité en colorant E124 présente dans un macaron à l'aide d'un dosage par étalonnage avec un spectrophotomètre.

Pour cela, on sèche puis on réduit en poudre un macaron de couleur rouge. On dissout cette poudre dans de l'eau. Après filtration, on obtient une solution S de volume $V = 25 \text{ mL}$. On considère que la totalité du rouge Ponceau AR (E124) contenu dans le macaron a été récupérée dans cette solution.

I – On réalise une courbe d'étalonnage représentée sur **l'ANNEXE DE LA DERNIÈRE PAGE (À RENDRE AVEC LA COPIE DE CHIMIE)** à partir de solutions étalons de concentrations connues en rouge Ponceau AR (E124). Ces solutions sont obtenues par dilution d'une solution mère S_0 de concentration en masse $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ en colorant E124.

Document 3 –

On mesure l'absorbance des solutions

Solutions étalons	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration massique en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	50,0	25,0	12,5	5,0
Absorbance A sans unité	1,56	0,82	0,37	0,16
Volume de la solution en mL	20	20	20	20

1 – Calculer le volume de solution mère S_0 à prélever pour réaliser la solution S_2 .

On veut diviser la concentration par un facteur de dilution $F = \frac{100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}} = 4$. Comme le volume de la solution S_2 final est $V_2 = 20 \text{ mL}$, il faut prélever un volume $V_0 = \frac{V_2}{F} = 5 \text{ mL}$. 1,5

2 – Indiquer le volume d'eau à rajouter au prélèvement pour réaliser la solution S_2 .

Comme on a prélevé 5 mL, il faut rajouter 15 mL pour réaliser la solution S_2 . 1

3 – Sur **l'ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE DE CHIMIE)**, compléter la deuxième ligne du tableau par les numéros (1 à 7) de façon à rendre compte de la chronologie des étapes à suivre pour réaliser la dilution.

1

II – La mesure de l'absorbance A de la solution S est de 0,94.

4 – En utilisant la droite d'étalonnage de **l'ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE DE CHIMIE)**, déterminer la concentration en masse en colorant E124 de la solution S et indiquer les traits de construction nécessaires sur l'annexe.

Sur la courbe d'étalonnage, on peut lire qu'une absorbance de 0,94 correspond à une concentration en colorant $c = 30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. 1

5 – Montrer que la masse du colorant E124 contenu dans le macaron est d'environ 0,75 mg.

Comme la totalité du colorant du macaron est passé dans la solution, il suffit de calculer la masse de colorant dans la solution $m = c \times V = 30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 25 \times 10^{-3} \text{ L} = 0,75 \text{ mg}$. 1,5

6 – Définir la dose journalière admissible (DJA).

C'est la quantité maximale d'un produit que l'on peut avaler tous les jours sans conséquences négatives sur la santé.

1

7 – Indiquer si un enfant de 40 kg pourrait manger le contenu d'une boîte de 12 macarons rouges dans la journée sans dépasser la DJA du colorant E124.

On multiplie la DJA et la masse de l'enfant pour déterminer la dose maximale à ne pas dépasser $40 \text{ kg} \times DJA = 40 \text{ kg} \times 0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} = 28 \text{ mg}$.

Dans 12 macaron on a une masse de $12 \times 0,75 \text{ mg} = 9 \text{ mg}$ de colorant, donc l'enfant peut manger 12 macarons sans danger.

2

8 – Indiquer si cela présente un autre risque pour sa santé.

En mangeant 12 macarons, l'enfant a certainement eu un apport en sucre trop élevé.

1

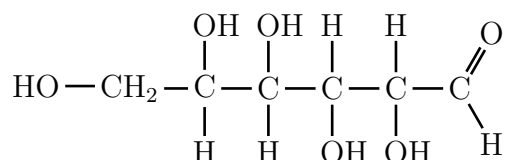
Exercice 3 : Remplacer les sucres dans l'alimentation (10 points)

Mots-clés : Concentrations en masse et en quantité de matière, dose journalière admissible (DJA).

Les aliments riches en sucres favorisent l'apparition du diabète. Le diabète est déclaré si la concentration en masse C_m de sucres dans le sang à jeun est supérieure à $1,26 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. L'organisation mondiale de la santé (OMS) préconise de limiter l'apport en sucres à 10 % de la ration énergétique totale qui s'élève en moyenne à 104 kJ par jour pour l'adulte. Certaines personnes choisissent de remplacer le sucre de leur alimentation par un édulcorant.

Document 1 – Le glucose

Une des molécules issue de la dégradation partielle du saccharose (sucre de table) dans l'organisme est le glucose dont la forme linéaire a pour formule partiellement développée :



Document 2 – La stévia

Le Rebaudioside A, extrait de la stévia, plante originaire du Paraguay, a un pouvoir sucrant tel qu'une sucrée contenant 20 mg de Rebaudioside A produit le même goût sucré qu'un morceau de sucre contenant l'équivalent de 5,0 g de glucose. Cependant l'agence européenne de sécurité des aliments (EFSA) a fixé la dose journalière admissible (DJA) pour le Rebaudioside A à 4,0 milligrammes par kilogramme de masse corporelle ($DJA = 4,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

D'après www.efsa.europa.eu/

Données :

- Masse molaire moléculaire du glucose $M_{\text{glucose}} = 180,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Le glucose a une valeur énergétique par unité de masse de $15,6 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$.

1 – Recopier la formule chimique du glucose. Entourer et nommer deux groupes fonctionnels différents de la molécule de glucose.

On a des groupes hydroxyle (alcool) tous le long de la chaîne et un groupe carbonyle (aldéhyde) en bout de chaîne à droite.

2

2 – Donner la formule brute du glucose.



1

3 – L'analyse sanguine d'un patient à jeun indique une concentration en quantité de matière de glucose égale à $7,8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Montrer que ce résultat confirme que ce patient souffre du diabète.

Pour avoir la concentration massique en glucose, on multiplie la concentration molaire par la masse molaire moléculaire du glucose $c_m = 180,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 7,8 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1,40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Comme C_m est supérieur à $1,26 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, le patient souffre de diabète.

2

4 – La consommation quotidienne en sucre de ce patient est équivalente à 75 g de glucose. Indiquer si cette consommation est conforme à celle préconisée par l'OMS.

L'énergie produite par le glucose ingéré est $E = 75 \text{ g} \times 15,6 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} = 1\,170 \text{ kJ}$, ce qui est largement supérieur à la valeur préconisée par l'OMS (104 kJ) !

1

5 – Ce patient, qui pèse 68 kg, envisage de remplacer sa consommation de sucre par du Rebaudioside A. Calculer, à l'aide du document 2, la masse maximale de cet édulcorant qu'il peut consommer par jour.

Il peut ingérer au maximum $4,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \times 68 \text{ kg} = 272 \text{ mg}$ par jour.

1

6 – En déduire le nombre de sucettes qu'il peut consommer par jour.

Il peut consommer $\frac{272}{20} = 14$ sucette par jour.

1

7 – Indiquer s'il peut substituer sa consommation quotidienne de sucre, équivalente à 75 g de glucose, par la consommation de Rebaudioside A.

Comme une sucette équivaut à 5 g de sucre, il peut consommer l'équivalent de $14 \times 5 \text{ g} = 70 \text{ g}$ par jour, ce qui ne remplace pas sa consommation quotidienne.

2