

© International Baccalaureate Organization 2024

All rights reserved. No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2024

Tous droits réservés. Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2024

Todos los derechos reservados. No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

Chimie
Niveau supérieur
Épreuve 2

9 mai 2024

Zone A matin | **Zone B** matin | **Zone C** matin

Numéro de session du candidat

2 heures 15 minutes

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Instructions destinées aux candidats

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions.
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.
- Une calculatrice est nécessaire pour cette épreuve.
- Un exemplaire non annoté du **recueil de données de chimie** est nécessaire pour cette épreuve.
- Le nombre maximum de points pour cette épreuve d'examen est de **[90 points]**.



Veillez ne **pas** écrire sur cette page.
Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. Un composé organique, **A**, présente la composition en masse suivante lorsque ses seuls produits de combustion, le dioxyde de carbone et l'eau, sont analysés.

C / %	H / %
71,93	12,10

- (a) Résumez pourquoi ce composé n'est **pas** un hydrocarbure. [1]

.....
.....
.....

- (b) Déterminez la formule empirique de **A**. [2]

.....
.....
.....
.....

- (c) Un échantillon de vapeur de **A** à 200,0 °C et $1,00 \times 10^5$ Pa, a une masse volumique de $2,544 \times 10^3$ g m⁻³.

- Déterminez la masse molaire et la formule moléculaire de **A**. [2]

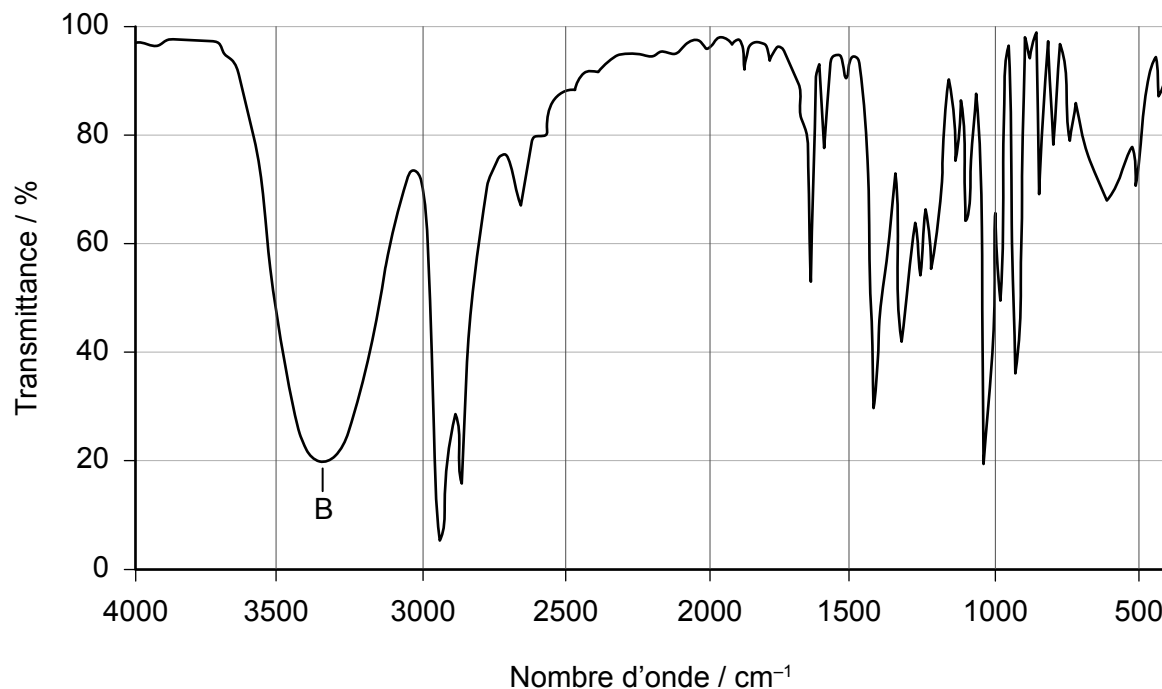
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

(d) Le spectre infrarouge (IR) de **A** est montré ci-dessous.



Identifiez la liaison responsable de l'absorption légendée **B** dans le spectre IR. Utilisez la section 26 du recueil de données.

[1]

.....

(e) **A** peut être transformé en composé **E**, qui a une masse moléculaire plus élevée, en le chauffant à reflux avec du dichromate de potassium (VI) acidifié, $K_2Cr_2O_7$.

Identifiez **un** groupe fonctionnel présent dans **E** à partir de cette seule information.

[1]

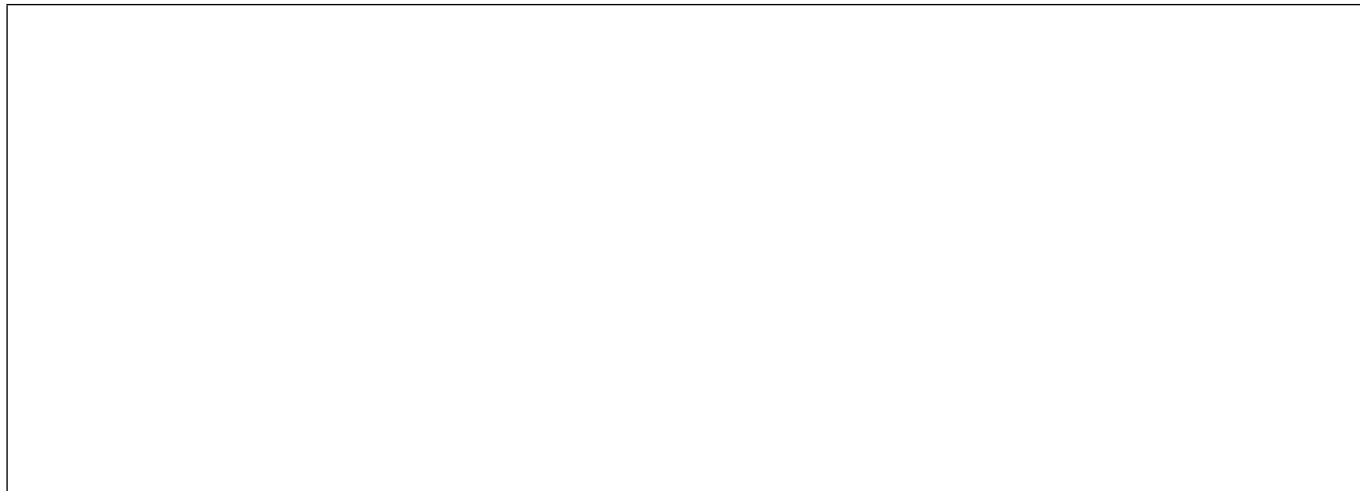
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

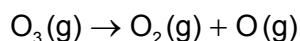


(Suite de la question 1)

- (f) Déduisez une formule structurale possible pour **A** conforme aux preuves présentées. [1]



2. Dans la stratosphère, l’ozone est décomposé par le rayonnement ultraviolet.



- (a) Exprimez la configuration électronique complète d’un atome d’oxygène et le nombre d’électrons non appariés dans cet atome. [2]

Configuration électronique :

Électrons non appariés :

- (b) (i) Dessinez une structure de Lewis (électrons représentés par des points) pour la molécule d’ozone. [1]

.....

- (ii) Déduisez la charge formelle sur chacun des trois atomes d’oxygène en les ajoutant à votre structure de Lewis (électrons représentés par des points) du (b)(i). [2]

- (iii) Prédisez la forme et l’angle des liaisons de la molécule d’ozone. [2]

.....

.....

.....

- (iv) Exprimez l’état d’hybridation de l’atome d’oxygène central dans l’ozone. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (c) Suggérez une valeur, en pm, pour les longueurs de liaison dans la molécule d'ozone, et expliquez votre réponse. Utilisez la section 10 du recueil de données. [2]

.....

.....

.....

- (d) Expliquez la dépendance de la dissociation de l'oxygène diatomique, O_2 , et de l'ozone, O_3 , à la longueur d'onde du rayonnement UV. [2]

.....

.....

.....

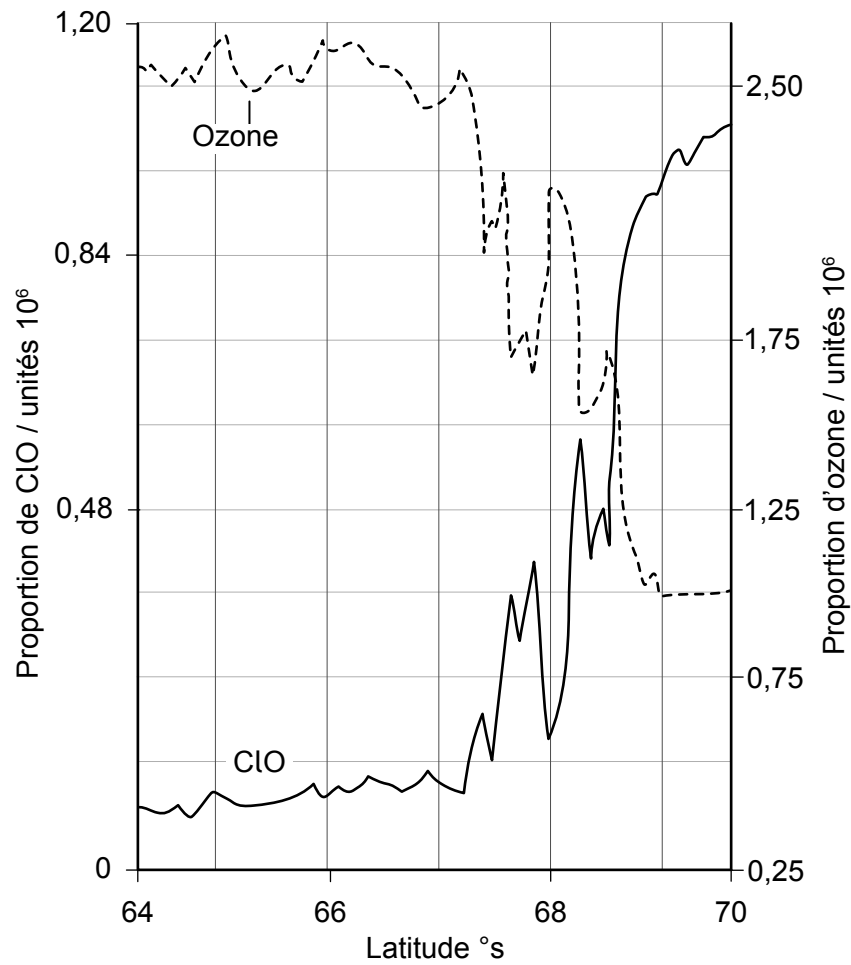
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (e) Les concentrations de molécules d'ozone et de radicaux libres de monoxyde de chlore, ClO, ont été mesurées.



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

(i) Résumez la relation entre les concentrations d’ozone et de radicaux libres de ClO. [1]

.....
.....

(ii) Commentez, se basant sur ce graphique, la conclusion indiquant que le trou de la couche d’ozone est causé par les radicaux libres de ClO. [2]

.....
.....
.....
.....

(iii) Lorsqu’un spectre d’émission du chlore est produit, il y a une forte ligne à 453 nm. Déterminez l’énergie du photon de lumière émis en J, en utilisant les sections 1 et 2 du recueil de données. [2]

.....
.....
.....
.....



3. Le caractère acido-basique des oxydes des éléments chimiques dépend de leur position dans le tableau périodique.

(a) (i) Exprimez **un** problème environnemental causé par le dioxyde de soufre, SO_2 . [1]

.....
.....

(ii) Écrivez une équation pour montrer comment le dioxyde de soufre réagit dans l'atmosphère pour produire un polluant secondaire. [1]

.....
.....

(b) Une solution a été préparée par dissolution de 0,100 mol d'oxyde de sodium dans de l'eau distillée, faisant un volume total de $1,00 \text{ dm}^3$.

(i) Écrivez l'équation de la réaction entre l'oxyde de sodium et l'eau. [1]

.....
.....

(ii) Calculez le pH de la solution. [2]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

(c) L'acide cyanhydrique HCN(aq) a pour $K_a = 6,17 \times 10^{-10}$.

(i) Déterminez le pH d'une solution aqueuse d'acide cyanhydrique à $0,202 \text{ mol dm}^{-3}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Exprimez **une** hypothèse faite pour votre calcul dans (c)(i). [1]

.....

.....

(iii) Exprimez la composition d'une solution tampon contenant de l'acide cyanhydrique. [1]

.....

.....

.....



(Suite de la question 4)

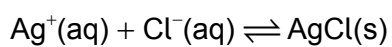
- (d) Exprimez, une raison à l'appui, l'effet d'une augmentation de température sur la valeur de K_c . $\Delta H^\ominus > 0$ [1]

.....

.....

.....

- (e) Exprimez, une raison à l'appui, l'effet de l'ajout de nitrate d'argent aqueux, $\text{AgNO}_3(\text{aq})$, sur la position de cet équilibre. [1]



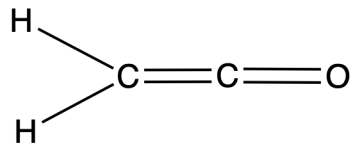
.....

.....

.....



5. L'éthènone, CH_2CO , est utilisée dans la synthèse de composés pharmaceutiques.



(a) Suggérez pourquoi ce nom UICPA est donné à ce composé.

[2]

.....

.....

.....

(b) Comparez et opposez les forces intermoléculaires qui font que l'éthènone est moins volatile que le dioxyde de carbone.

[2]

.....

.....

.....

.....

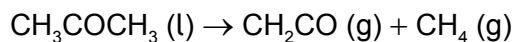
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

(c) L'éthènone peut être obtenue par décomposition thermique de la propanone.



(i) Calculez la variation d'enthalpie standard pour cette réaction.
Utilisez ΔH_f^\ominus éthènone = $-87,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ et la section 12 du recueil de données. [2]

.....

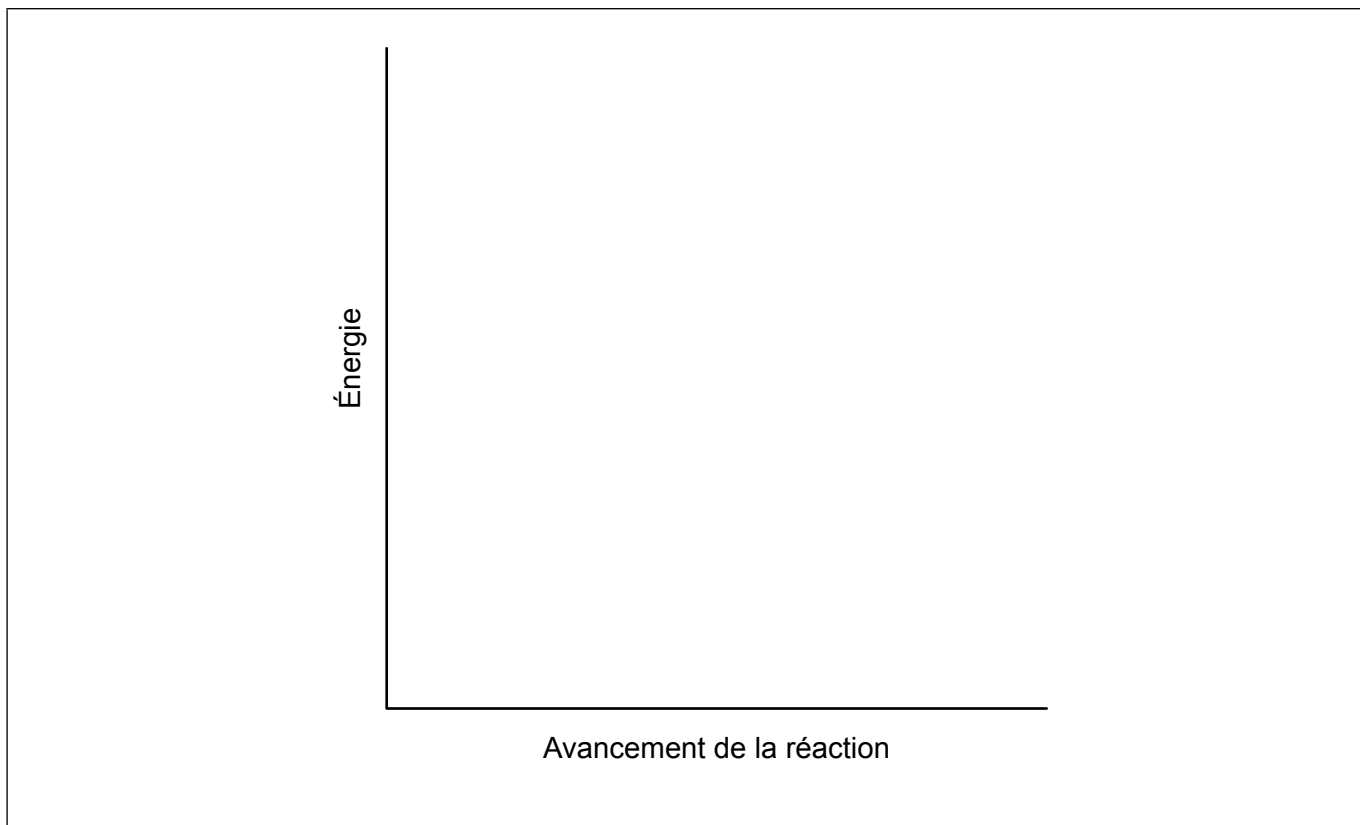
.....

.....

.....

.....

(ii) Représentez le diagramme d'énergie potentielle pour la décomposition thermique de la propanone d'après (c)(i). Utilisez les axes donnés et indiquez à la fois l'enthalpie de réaction et l'énergie d'activation. [2]

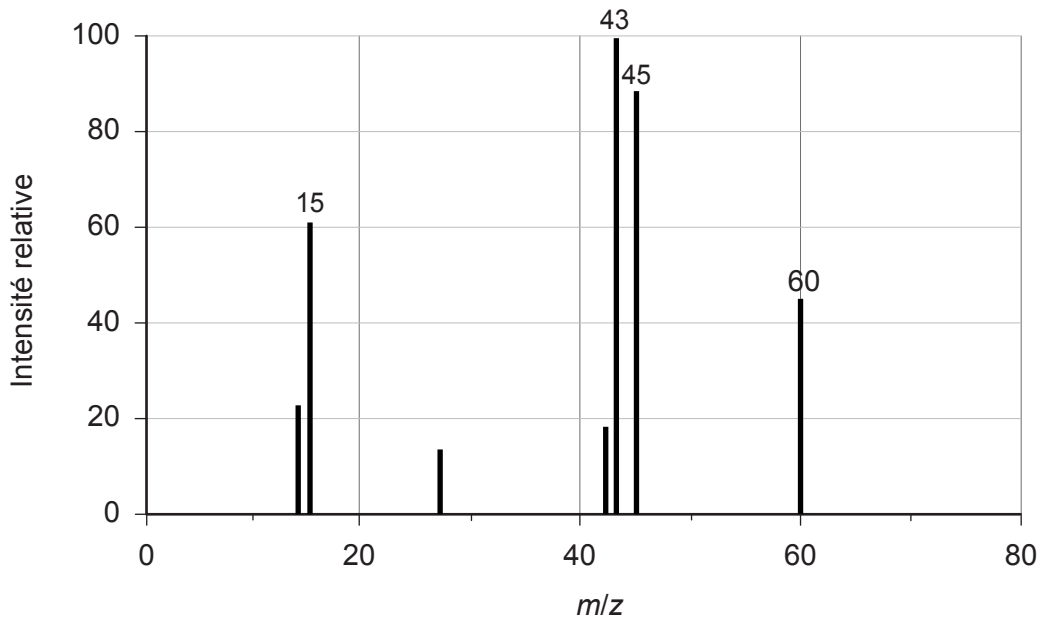


(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

- (d) L'éthènone peut être transformée en un composé **G**, qui réagit lentement avec les oxydes métalliques lorsqu'il est en solution aqueuse. Le spectre de masse de **G** est montré.



[Source : Utilisé avec permission. © United States of America as represented by the Secretary of Commerce (les États-Unis d'Amérique représentés par le secrétaire au Commerce).]

Déduisez l'identité de **G** en donnant **deux** raisons à partir du spectre.

[3]

.....

.....

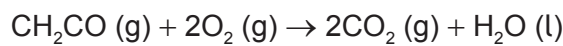
.....

.....

.....

.....

- (e) 10,0 cm³ d'éthènone sont mélangés à 100 cm³ d'oxygène et brûlés complètement.



Déterminez le volume final de mélange gazeux après que le mélange réactionnel est retourné à la température et à la pression initiales.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

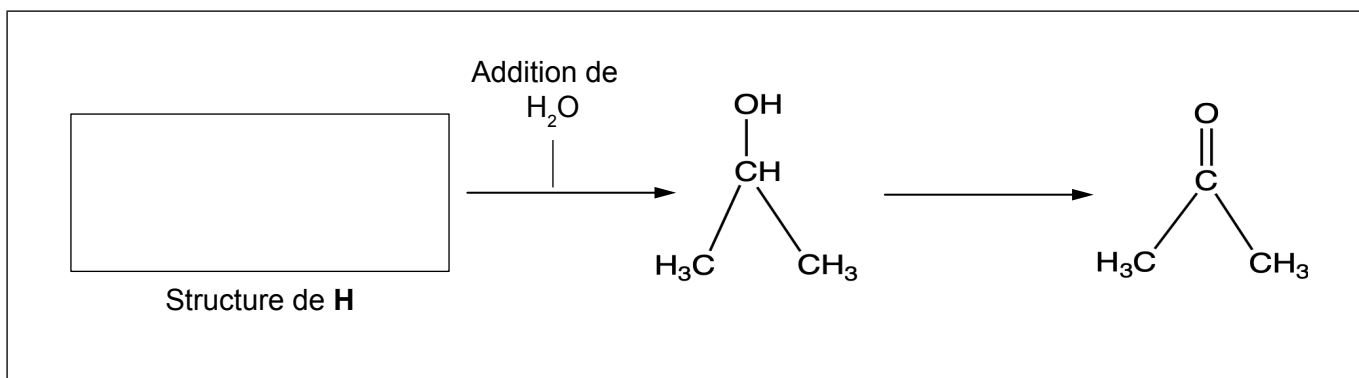
- (f) Les calculs supposent souvent que les gaz réels se comportent comme des gaz parfaits.

Exprimez **une** raison pour laquelle des gaz comme le dioxyde de carbone et l'éthène deviennent moins parfaits à pressions plus élevées. [1]

.....

.....

- (g) La propanone peut être synthétisée par oxydation du propan-2-ol. Le propan-2-ol peut être synthétisé à partir de **H**, par addition d'eau.



Dessinez la structure de **H**.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

(h) Le butan-1-ol peut être produit à partir du 1-chlorobutane et de l'hydroxyde de sodium.

(i) Identifiez le type de mécanisme de cette réaction. [1]

.....
.....

(ii) Expliquez le mécanisme de la réaction en utilisant des flèches courbes pour représenter le mouvement des doublets d'électrons. [3]

(i) (i) Dessinez les stéréoisomères du 2-chlorobutane en utilisant des représentations de type traits pleins et triangles pleins ou hachurés. [1]

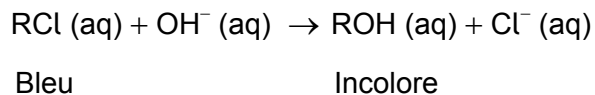
(ii) Résumez comment **deux** énantiomères peuvent être distingués. [2]

.....
.....
.....



6. Un élève a étudié la cinétique de la réaction entre un colorant, RCl, et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. Le colorant a une coloration bleue intense qui s'estompe pendant la réaction.

La réaction peut être représentée par l'équation suivante.



Lors d'un essai, l'élève a mélangé les solutions et mesuré le temps, montré dans le tableau, que met la couleur pour disparaître dans le mélange réactionnel. L'élève a calculé la vitesse de réaction en utilisant l'équation suivante.

$$\text{Vitesse calculée} = [\text{RCl}] / \text{temps mis par le colorant pour disparaître}$$

Concentration initiale / mol dm ⁻³		Temps mis par la couleur pour disparaître / s	Vitesse calculée / mol dm ⁻³ s ⁻¹
[RCl]	[OH ⁻]		
3,00 × 10 ⁻⁶	2,00 × 10 ⁻²	110	2,73 × 10 ⁻⁸

- (a) L'élève a modifié la procédure pour mesurer la concentration de colorant en utilisant un spectrophotomètre.

La concentration du colorant a été mesurée continuellement en contrôlant la lumière absorbée par le mélange réactionnel.

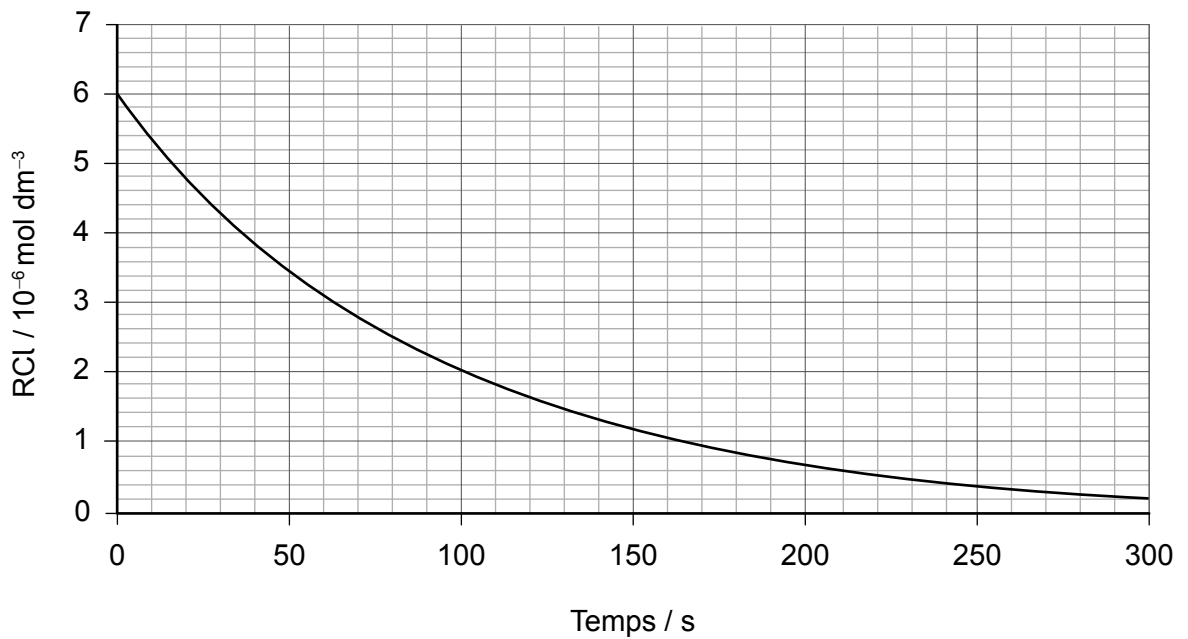
Expérience	Concentration initiale / mol dm ⁻³		Vitesse initiale / mol dm ⁻³ s ⁻¹
	[RCl]	[OH ⁻]	
1	3,00 × 10 ⁻⁶	2,00 × 10 ⁻²	3,20 × 10 ⁻⁸
2	1,50 × 10 ⁻⁶	1,00 × 10 ⁻²	8,00 × 10 ⁻⁹
3		2,00 × 10 ⁻²	

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 6)

Un graphique de [RCl] en fonction du temps lors de l'expérience 3 est montré.



- (i) À partir du graphique, déterminez les valeurs manquantes dans le tableau pour l'expérience 3. Justifiez votre réponse. [3]

[RCl] initiale :

.....

Vitesse initiale :

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déduisez l'ordre de la réaction par rapport à chacun des réactifs. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 6)

(iii) Calculez la constante de vitesse avec les unités à cette température en utilisant les données de l'**expérience 1** en (a). [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Expliquez pourquoi une augmentation de température fait augmenter la vitesse d'une réaction chimique. [2]

.....

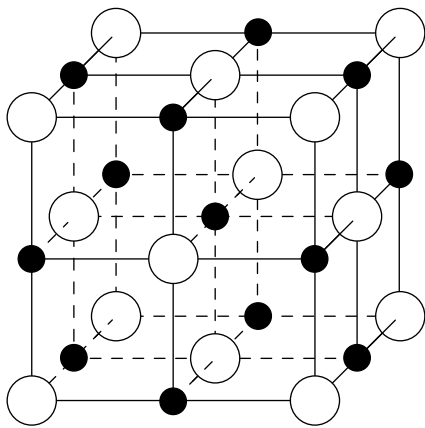
.....

.....

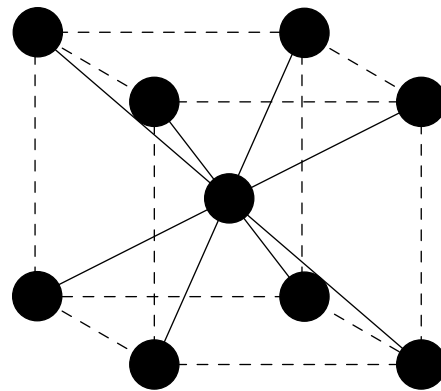
.....



7. Les structures du bromure de sodium et du sodium métallique sont montrées ci-dessous.



Bromure de sodium



Sodium métallique

(a) Suggérez une technique qui pourrait être utilisée pour déterminer ces structures. [1]

.....
.....

(b) Exprimez et décrivez les liaisons présentes dans les deux structures solides. [2]

NaBr :

.....

Na :

.....

(c) Écrivez les demi-équations pour la formation des produits à l'électrode positive (anode) et à l'électrode négative (cathode) lorsque du bromure de sodium fondu est électrolysé. [2]

Électrode positive (anode) :

.....

Électrode négative (cathode) :

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 7)

- (d) Déterminez les produits formés à chaque électrode lors de l'électrolyse d'une solution aqueuse de bromure de sodium. Utilisez la section 24 du recueil de données. [2]

Électrode positive (anode) :

.....

.....

.....

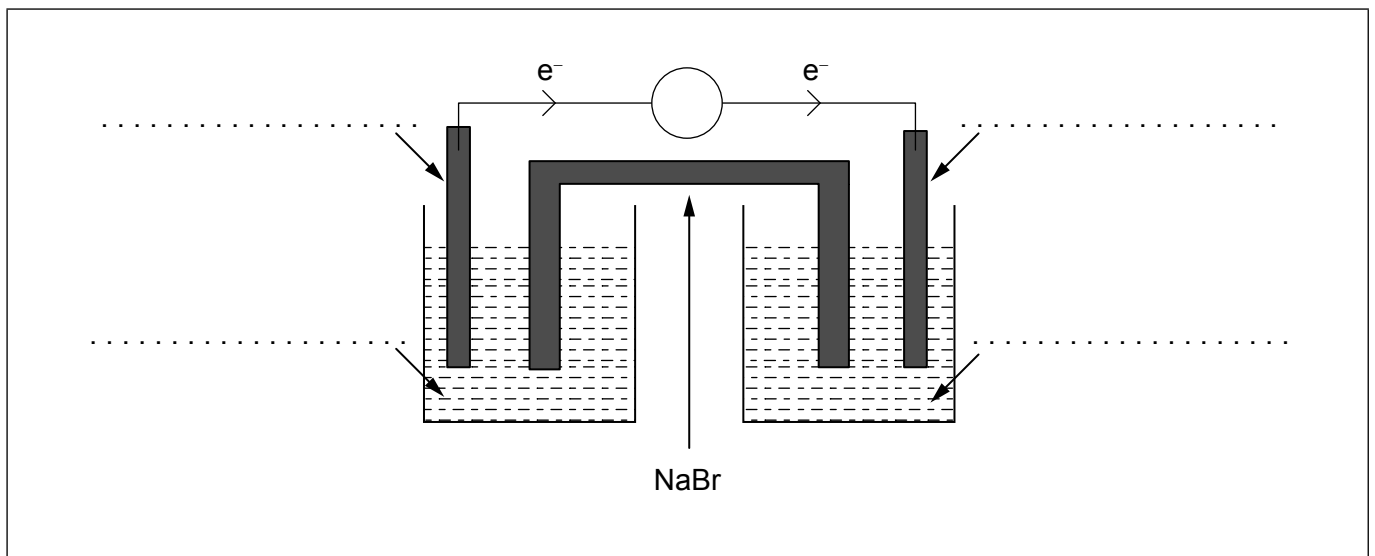
Électrode négative (cathode) :

.....

.....

.....

- (e) Une solution de bromure de sodium peut être utilisée en tant que pont salin dans une pile voltaïque. Annotez le diagramme de la pile voltaïque au magnésium, Mg, et au zinc, Zn, montré. Utilisez la section 24 du recueil de données. [2]



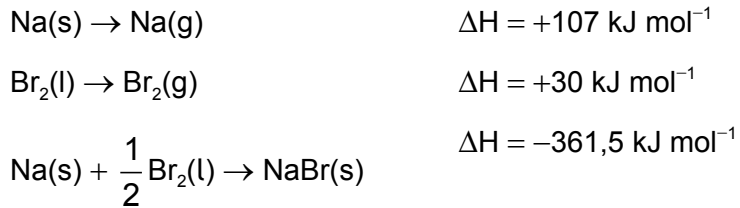
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 7)

- (f) Déterminez l'enthalpie de réseau du bromure de sodium en utilisant les données ci-dessous et les sections 8 et 11 du recueil de données.

[3]



.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (g) Calculez l'enthalpie de la solution de bromure de sodium. Utilisez votre réponse à la question (f) et la section 20 du recueil de données. (Si vous n'avez pas de réponse à la question (f), utilisez une valeur de 754 kJ mol^{-1} , bien que celle-ci n'est pas la bonne réponse).

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (h) Prédisez, en donnant une raison, le résultat en faisant réagir du bromure de sodium aqueux séparément avec de l'iode et du chlore.

[2]

Iode :

.....

Chlore :

.....



Avertissement :

Le contenu utilisé dans les évaluations de l'IB est extrait de sources authentiques issues de tierces parties. Les avis qui y sont exprimés appartiennent à leurs auteurs et/ou éditeurs, et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'IB.

Références :

- 1.(d) Irina Doroshenko et al. Infrared Absorption Spectra of Monohydric Alcohols. Article en libre accès distribué sous la licence Creative Commons Attribution <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>. Image adaptée.
- 2.(e) Rowland, F.S., 2006. Stratospheric ozone depletion. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 361(1469), pages 769–790. [e-journal] Disponible sur Internet : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16627294/> [Référence du 12 avril 2023]. Source adaptée.
- 5.(d) Utilisé avec permission. © United States of America as represented by the Secretary of Commerce [les États-Unis d'Amérique représentés par le secrétaire au Commerce].

Tous les autres textes, graphiques et illustrations : © Organisation du Baccalauréat International 2024



28EP25

Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



28EP26

Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



28EP27

Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



28EP28