

© International Baccalaureate Organization 2023

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 2023

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, 2023

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**

12 mai 2023

**Zone A** après-midi | **Zone B** matin | **Zone C** après-midi

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.



28EP02

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

1. Les techniques d'analyse et de spectroscopie permettent aux chimistes d'identifier et de déterminer les structures de composés.

(a) Un composé organique inconnu, **X**, constitué uniquement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène était trouvé contenant 48,6% de carbone et 43,2% d'oxygène.

(i) Déterminez la formule empirique de ce composé. [3]

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

Le spectre de masse de **X** est montré.

Supprimé pour des raisons de droits d'auteur

(ii) Identifiez les fragments produisant les pics à  $m/z$  74 et 45, en utilisant la section 28 du livret de données. [2]

$m/z$  74: .....  
 $m/z$  45: .....

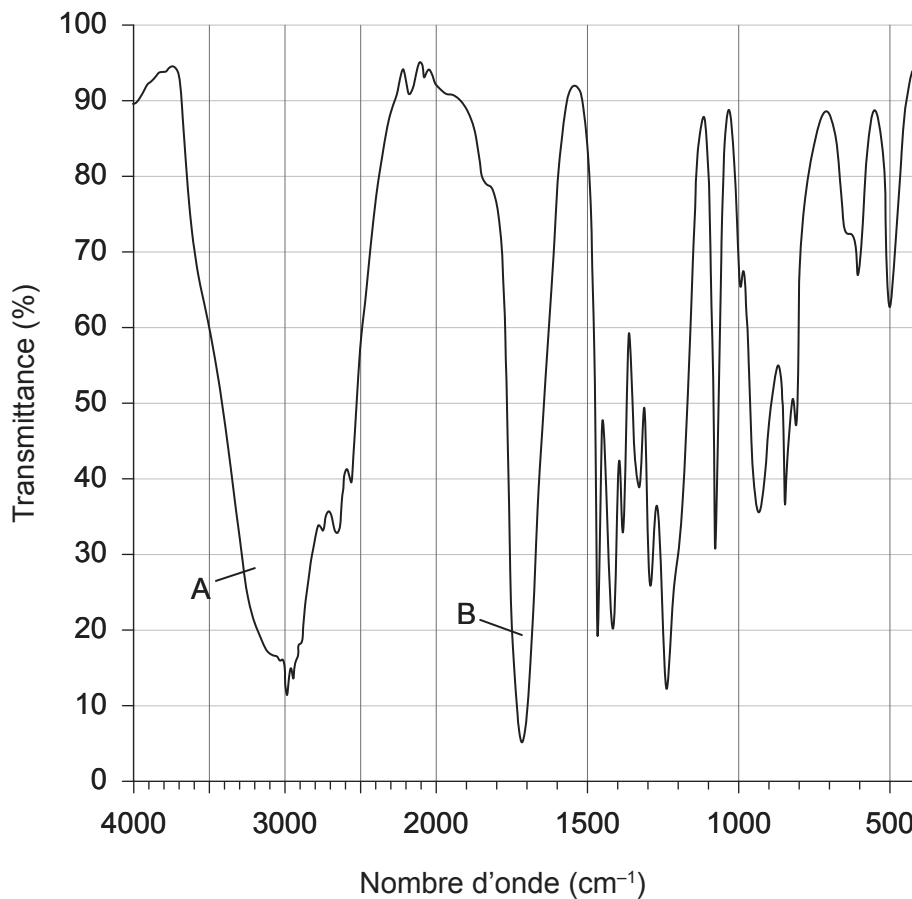
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

Le spectre infrarouge de X est montré.

Spectre infrarouge de X



(iii) Identifiez les liaisons faisant la majeure contribution aux pics A et B en utilisant la section 26 du livret de données.

[2]

A: .....  
B: .....

(Suite de la question à la page suivante)



28EP04

**(Suite de la question 1)**

(iv) Déduisez la formule de structure de **X**.

[1]

(b) 0,363 g d'un liquide organique **Y** a été entièrement vaporisé à 95,0 °C et 100,0 kPa. Le volume de gaz mesuré était de 81,0 cm<sup>3</sup>. Déterminez la masse molaire de **Y**.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

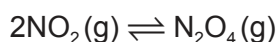


28EP05

Tournez la page

2. Le dioxyde d'azote (IV),  $\text{NO}_2$ , est un gaz brun présent dans le smog photochimique et a un polluant causant des dépôts acides.

(a) Le dioxyde d'azote (IV) existe à l'équilibre avec le tétraoxyde de diazote,  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ , qui est incolore.



(i) À  $100^\circ\text{C}$   $K_c$  de cette réaction est de 0,0665. Résumez ce que cela indique à propos de l'avancement de cette réaction. [1]

.....

.....

.....

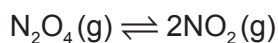
(ii) Calculez la variation d'énergie libre de Gibbs,  $\Delta G^\ominus$ , pour cet équilibre à  $100^\circ\text{C}$ . Utilisez les sections 1 et 2 du livret de données. [1]

.....

.....

.....

(iii) Calculez la valeur de  $K_c$  à  $100^\circ\text{C}$  pour l'équilibre : [1]



.....

.....

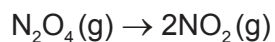
.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 2)**

(iv) Calculez la variation d'enthalpie standard, en  $\text{kJ mol}^{-1}$ , pour la réaction : [1]



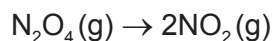
	$\Delta H_f^\ominus$ ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )
$\text{NO}_2$	33,18
$\text{N}_2\text{O}_4$	9,16

.....

.....

.....

(v) Calculez la variation d'entropie standard, en  $\text{J mol}^{-1}$ , pour la réaction : [1]



	$S^\ominus$ ( $\text{J mol}^{-1}$ )
$\text{NO}_2$	240,06
$\text{N}_2\text{O}_4$	304,29

.....

.....

.....

**(Suite de la question à la page suivante)**





**(Suite de la question 2)**

(b) Déduisez la structure de Lewis de  $N_2O_4$ . [1]

(c) Dans  $N_2O_4$ , les longueurs des liaisons NO sont toutes de  $1,19 \times 10^{-10}$  m.

(i) Suggérez ce que les longueurs des liaisons indiquent à propos de la structure de  $N_2O_4$ . [1]

.....

.....

(ii) Prédisez l'angle de la liaison ONN dans  $N_2O_4$ . [1]

.....

.....

(d) Les dépôts acides se forment lorsque des oxydes d'azote se dissolvent dans l'eau. Écrivez une équation de la réaction entre l'oxyde d'azote (IV) et l'eau pour produire deux acides. [1]

.....

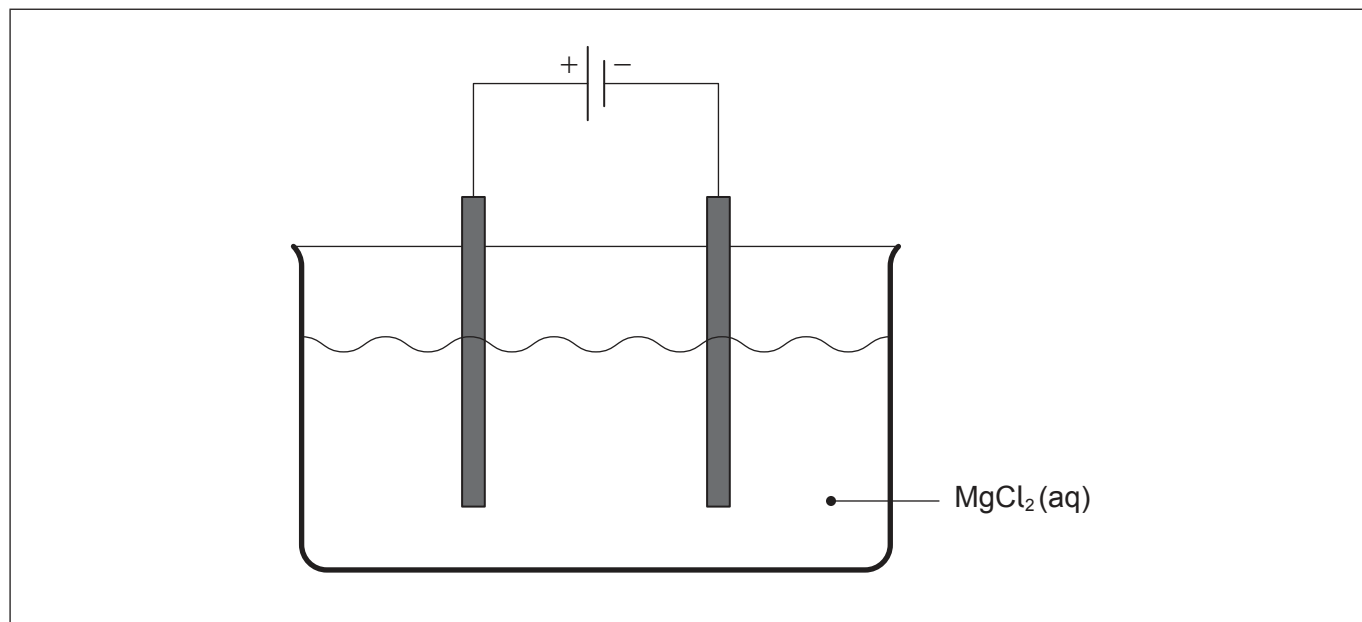
.....



3. L'électrolyse et les titrages selon la méthode de Winkler sont tous deux des applications de réactions redox.

(a) Une cellule électrolytique a été constituée à partir d'électrodes inertes et d'une solution aqueuse diluée de chlorure de magnésium,  $MgCl_2(aq)$ .

(i) Annotez le schéma pour montrer le déplacement des particules qui conduisent l'électricité dans cette cellule. [2]



(ii) Déduisez la demi-équation de la réaction à chacune des électrodes. Utilisez la section 24 du livret de données. [2]

Électrode positive : .....

.....

Électrode négative : .....

.....

(iii) Des tiges de graphite sont parfois utilisées en guise d'électrodes inertes. Décrivez la structure du graphite et expliquez pourquoi le graphite conduit l'électricité. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

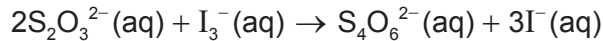
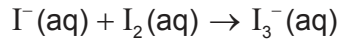
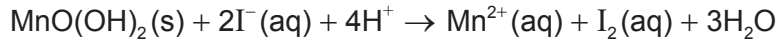


28EP09

Tournez la page

**(Suite de la question 3)**

- (b) Des titrages par la méthode de Winkler peuvent être utilisés pour déterminer la demande biochimique en oxygène, DBO, d'un échantillon d'eau. Une série d'équations pour les réactions ayant lieu est :



150 cm<sup>3</sup> d'un échantillon d'eau a été testé en utilisant le titrage par la méthode de Winkler. 36,0 cm<sup>3</sup> d'une solution de thiosulfate de sodium, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(aq), à 0,00500 mol dm<sup>-3</sup> ont été requis pour atteindre le point de virage.

- (i) Déterminez la concentration, en mol dm<sup>-3</sup>, d'oxygène dissous dans l'échantillon d'eau. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Résumez comment la DBO de l'échantillon d'eau pourrait être déterminée. [2]

.....

.....

.....

- (iii) Suggérez ce qu'une valeur faible de la DBO indique à propos d'un échantillon d'eau. [1]

.....

.....

.....



4. Le tableau périodique des éléments fournit des informations sur la configuration électronique et les propriétés physico-chimiques des éléments.

(a) Le bismuth a pour numéro atomique 83. Déduisez **deux** informations concernant la configuration électronique du bismuth à partir de sa position dans le tableau périodique des éléments. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Résumez pourquoi l'aluminium est malléable. [1]

.....

.....

.....

(c) Un bloc de 11,98 g d'aluminium pur a été chauffé. Calculez la chaleur absorbée, en J, pour augmenter la température de 18,0 °C à 40,0 °C. La capacité calorifique massique de l'aluminium est de 0,902 Jg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>. [1]

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page 13)



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



28EP12

**(Suite de la question 4)**

(d) L'argon a trois isotopes naturels :  $^{36}\text{Ar}$ ,  $^{38}\text{Ar}$  et  $^{40}\text{Ar}$ .

(i) Identifiez la technique utilisée pour déterminer les proportions relatives des isotopes de l'argon. [1]

.....  
.....

La composition isotopique d'un échantillon d'argon est : 0,34 % de  $^{36}\text{Ar}$ , 0,06 % de  $^{38}\text{Ar}$  et 99,6 % de  $^{40}\text{Ar}$ .

(ii) Calculez la masse atomique relative de cet échantillon, en donnant votre réponse à deux décimales près. [2]

.....  
.....



28EP13

Tournez la page

5. L'acide méthanoïque est un acide faible monoprotique.

(a) La concentration en acide méthanoïque a été obtenue par titrage avec une solution standard d'hydroxyde de sodium, NaOH (aq), à  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ , en utilisant un indicateur pour déterminer le point de virage.

(i) Calculez le pH de la solution d'hydroxyde de sodium.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Écrivez une équation pour la réaction de l'acide méthanoïque avec l'hydroxyde de sodium.

[1]

.....

.....

(iii)  $22,5 \text{ cm}^3$  de NaOH (aq) ont neutralisé  $25,0 \text{ cm}^3$  d'acide méthanoïque. Déterminez la concentration de l'acide méthanoïque.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 5)**

- (iv) Calculez le pH de la solution initiale d'acide méthanoïque. Utilisez votre réponse à la question (a)(iii) ainsi que la section 21 du livret de données. Si vous n'avez pas la réponse à la question a(iii), utilisez  $0,300 \text{ mol dm}^{-3}$ , bien que celle-ci ne soit pas la bonne réponse. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (v) Identifiez, une raison à l'appui, un indicateur adapté à ce titrage. Utilisez la section 22 du livret de données. [2]

.....

.....

.....

- (b) Écrivez une équation ionique pour montrer pourquoi une solution de méthanoate de sodium n'a pas un pH de 7. [1]

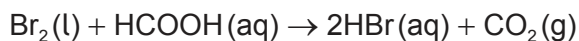
.....

.....





6. Le brome, Br<sub>2</sub>(l), et l'acide méthanoïque, HCOOH(aq), réagissent en présence d'acide sulfurique.



(a) Suggérez une méthode expérimentale qui pourrait être utilisée pour déterminer la vitesse de réaction. [2]

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

(b) Dans cette réaction, l'acide sulfurique est un catalyseur. Expliquez comment un catalyseur augmente la vitesse de réaction. [2]

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

(c) L'acide méthanoïque peut réagir avec l'éthanol pour produire un ester.

(i) Dessinez la formule de structure complète du produit organique et nommez-le. [2]

Formule de structure :

Nom : .....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 6)

- (ii) Prédisez le nombre de signaux et leurs figures de dédoublement dans le spectre RMN  $^1\text{H}$  de ce produit organique. [2]

Nombre de signaux : .....

.....

Figures de dédoublement : .....

.....

.....

- (iii) Exprimez **une** raison pour laquelle le tétraméthylsilane, TMS, est souvent utilisé en tant qu'étalon de référence interne de calibrage en spectroscopie RMN  $^1\text{H}$ . [2]

.....

.....

.....

- (d) (i) Écrivez l'équation de la combustion complète de l'éthanol. [1]

.....

.....

- (ii) Déterminez la variation d'enthalpie pour la combustion de l'éthanol, en  $\text{kJ mol}^{-1}$ , en utilisant la section 11 du livret de données. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



7. Le bromure d'hydrogène, HBr, réagit avec le but-1-ène.

(a) Identifiez le type de réaction.

[1]

.....  
.....

(b) Deux produits sont possibles.

(i) Expliquez le mécanisme de formation du produit principal en utilisant des flèches courbes pour indiquer le mouvement des doublets d'électrons.

[4]

(ii) Expliquez pourquoi le mécanisme conduit à la formation d'un produit en plus grande quantité que l'autre.

[2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



28EP18

**(Suite de la question 7)**

- (c) Dessinez la structure d'une section de polymère formée à partir de **trois** monomères du but-1-ène.

[1]

- (d) Déduisez l'hybridation des **deux** premiers atomes de carbone dans le but-1-ène.

[1]

.....

.....

- (e) Décrivez la liaison entre les deux premiers atomes de carbone dans le but-1-ène, en terme d'orbitales sur ces atomes.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

**(Suite de la question à la page 21)**



28EP19

Tournez la page

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

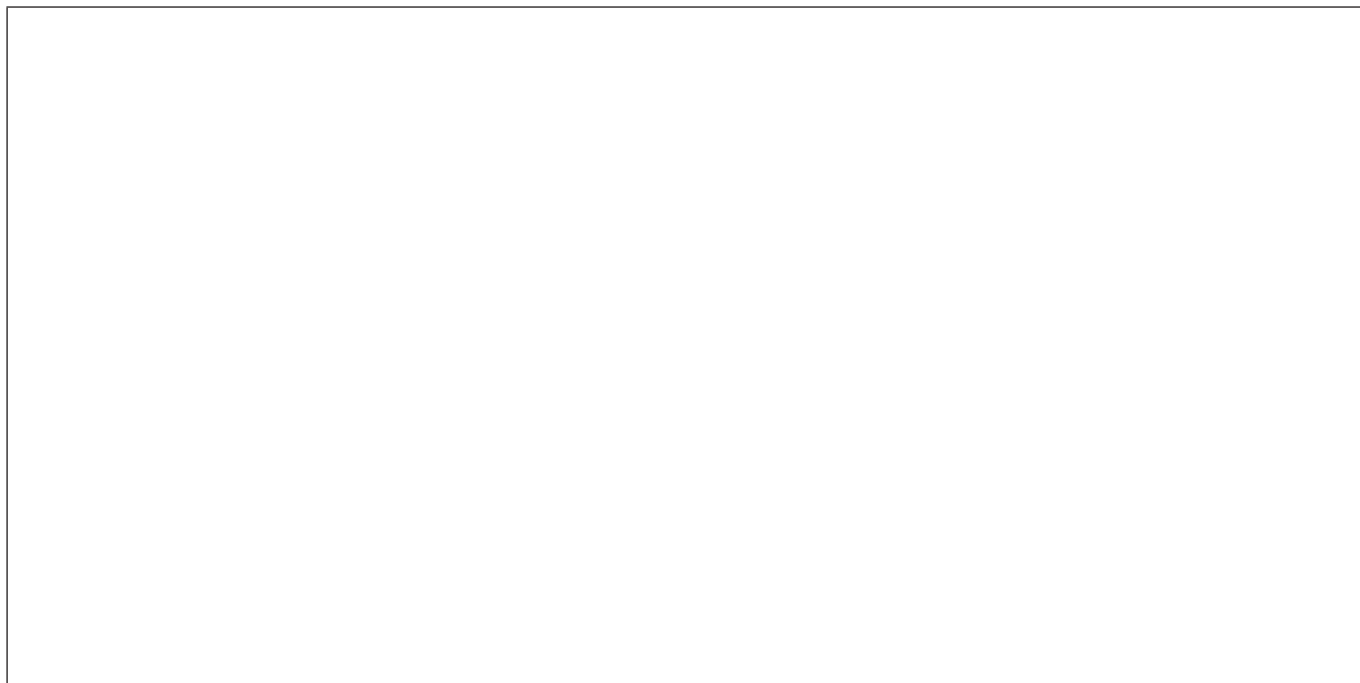


28EP20

(Suite de la question 7)

- (f) Un isomère du  $C_4H_9Br$  peut exister comme stéréoisomères. Dessinez les structures en trois dimensions des **deux** stéréoisomères en utilisant des traits pleins et des triangles pleins ou hachurés, montrant clairement la relation entre elles.

[2]



28EP21

Tournez la page

8. Les composés ioniques solides forment des réseaux cristallins.

(a) L'enthalpie de dissolution, l'enthalpie d'hydratation et l'enthalpie de réseau sont associées dans un cycle énergétique.

(i) Annotez le cycle énergétique pour l'enthalpie de dissolution du chlorure de magnésium solide,  $\text{MgCl}_2(\text{s})$ , en nommant les processus A, B et C, et en complétant les cases. Incluez les symboles d'état. [2]

A: .....  
B: .....  
C: .....

(ii) Calculez l'enthalpie de dissolution pour le chlorure de magnésium,  $\text{MgCl}_2$ . Utilisez les sections 18 et 20 du livret de données. [1]

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

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 8)**

- (b) Expliquez pourquoi l'enthalpie de réseau du chlorure de baryum,  $\text{BaCl}_2$ , est inférieure à celle du chlorure de magnésium. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

**(Suite de la question à la page suivante)**



28EP23

**Tournez la page**



**(Suite de la question 8)**

(c) Le cobalt forme également un chlorure de formule  $\text{CoCl}_2$ .

(i) Exprimez la configuration électronique complète de l'ion cobalt (II),  $\text{Co}^{2+}$ . [1]

.....  
.....

(ii) Les ions de cobalt (II) hydratés,  $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ , sont de couleur rose. Décrivez l'interaction entre l'ion cobalt et la molécule d'eau en termes de type de liaison et de comment cette liaison est formée. [2]

Type de liaison : .....

.....

Comment se forme la liaison : .....

.....

.....

.....

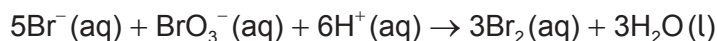
Les ions  $\text{CoCl}_4^{2-}$  sont bleus.

(iii) Expliquez pourquoi les différents ligands produisent des complexes colorés différents. [2]

.....  
.....



9. La vitesse initiale de réaction a été déterminée pour la réaction entre les ions bromure,  $\text{Br}^- (\text{aq})$ , et les ions bromate,  $\text{BrO}_3^- (\text{aq})$ , dans une solution acide.



Quatre essais ont été effectués et les résultats sont fournis dans le tableau ci-dessous.

Expérience	$[\text{BrO}_3^-]$ ( $\text{mol dm}^{-3}$ )	$[\text{Br}^-]$ ( $\text{mol dm}^{-3}$ )	$[\text{H}^+]$ ( $\text{mol dm}^{-3}$ )	Vitesse initiale ( $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$ )
1	0,050	0,250	0,300	$2,13 \times 10^{-6}$
2	0,050	0,250	0,600	$8,60 \times 10^{-6}$
3	0,100	0,250	0,600	$17,2 \times 10^{-6}$
4	0,050	0,500	0,300	$4,26 \times 10^{-6}$

- (a) Déduisez la vitesse de réaction globale. [2]

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

- (b) La vitesse d'une réaction à 50 °C est trois fois la vitesse à 25 °C. Calculez l'énergie d'activation, en  $\text{kJ mol}^{-1}$ , pour cette réaction en utilisant les sections 1 et 2 du livret de données. [2]

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



**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.(a)(iii) SDBS, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

**Tous les autres textes, graphiques et illustrations : © Organisation du Baccalauréat International 2023**



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