

© International Baccalaureate Organization 2026

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 2026

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, 2026

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

18 mai 2026

Zone A matin | Zone B matin | Zone C matin

Numéro de session

2 heures 30 minutes

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

Instructions destinées aux élèves

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve d'examen avant d'avoir reçu l'autorisation de le faire.
- 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]**.



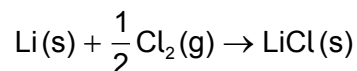
Veillez ne **pas** écrire sur cette page.
Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



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

1. Les composés ioniques binaires contiennent des métaux et des non-métaux.

- (a) (i) Expliquez, en utilisant les configurations électroniques, comment les ions sont formés par le lithium et le chlore, et comment ces ions forment un composé. [3]



- (ii) Expliquez pourquoi l'élément chrome, Cr, est une exception au principe de l'Aufbau en utilisant les configurations électroniques. [2]

(Suite de la question à la page suivante)



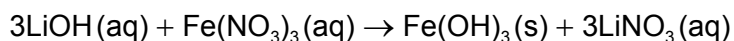
(Suite de la question 1)

(b) Le lithium forme également des composés avec les ions polyatomiques.

- (i) 35,0 cm³ d'une solution d'hydroxyde de lithium, LiOH, à 0,550 mol dm⁻³ est mélangé avec 35,0 cm³ d'une solution de nitrate de fer(III), Fe(NO₃)₃, à 0,250 mol dm⁻³.

Déterminez le réactif limitant et la masse d'hydroxyde de fer(III), Fe(OH)₃, produit en montrant votre travail. Utilisez les sections 1 et 7 du recueil de données.

[3]



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez le rendement en pourcentage de l'hydroxyde de fer(III) de la partie (b)(i) si 0,542 g de produit a été collecté.

Si vous n'avez pas obtenu de réponse à la partie (b)(i), utilisez 0,763 g, bien que ceci ne soit pas la réponse correcte.

[1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

(c) Certains composés ioniques sont le produit de réactions de neutralisation acide-base.

(i) Indiquez les noms de l'acide et de la base qui produiraient du chlorure d'ammonium, NH_4Cl .

[1]

Acide :

Base :

(ii) Estimez la valeur du pH d'une solution aqueuse de chlorure d'ammonium.

[1]

.....

(iii) Les sels ioniques peuvent être utilisés en tant que composants de solutions tampons acide-base.

Déterminez le pH d'une solution tampon contenant de l'acide éthanóïque à $0,350 \text{ mol dm}^{-3}$ et de l'éthanoate de sodium à $0,455 \text{ mol dm}^{-3}$?

Le $\text{p}K_a$ de l'acide éthanóïque est de 4,76.

Utilisez la section 1 du recueil de données.

[2]

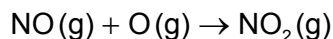
.....
.....
.....
.....
.....



2. Le dioxyde d'azote est un composé à liaisons covalentes.

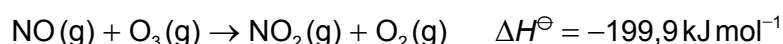
(a) (i) Le monoxyde d'azote réagit avec l'oxygène monoatomique dans l'atmosphère.

Déterminez la variation d'enthalpie, $\Delta H^\ominus$, en kJ mol^{-1} , pour la réaction :



étant donné les réactions et valeurs d'enthalpie suivantes :

[2]



.....

.....

.....

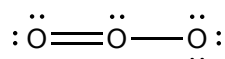
.....

.....

.....

(ii) Suggérez la valeur de l'angle de liaison et la géométrie moléculaire de l'ozone d'après la formule de Lewis.

[2]



Angle de liaison :

Géométrie moléculaire :

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (iii) Calculez le volume, en dm^3 , de 1,75 mol d’ozone gazeux à $75,0^\circ\text{C}$ et 115 kPa.

Utilisez les sections 1 et 2 du recueil de données.

[1]

.....

.....

- (iv) Expliquez **une** limite du modèle des gaz parfaits.

[1]

.....

.....

- (v) Annotez la formule de Lewis de l’ozone avec les charges formelles.

[1]

: $\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}-\ddot{\text{O}}:$

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (b) La décomposition du dioxyde d'azote, NO_2 , est une réaction à l'équilibre.



- (i) Indiquez l'expression de la constante d'équilibre, K , pour la réaction. [1]

.....

- (ii) Expliquez, une raison à l'appui, comment une augmentation de la pression à volume et température constants affectera la position de l'équilibre et la valeur de la constante d'équilibre, K . [2]

Position de l'équilibre :

 Valeur de la constante d'équilibre :

- (iii) Pour une certaine réaction, la valeur du quotient réactionnel, Q , a été trouvé être plus grande que la valeur de la constante d'équilibre, K .

Expliquez la différence entre Q et K et prédisez le sens du processus spontané pour cette réaction. [2]

	Explication
Relation entre Q et K	
Sens du processus spontané avec justification	

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (iv) Expliquez pourquoi une augmentation de la température augmentera la vitesse de la réaction. [2]

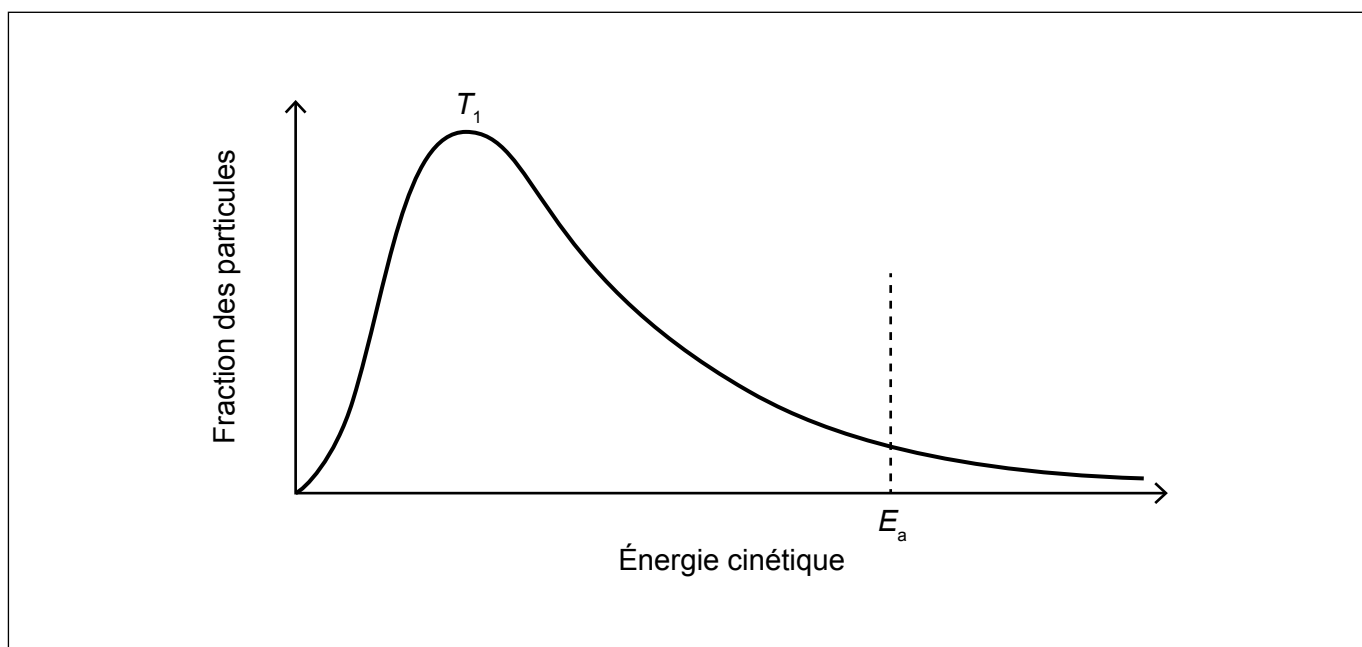
.....

.....

.....

.....

- (v) Considérez la courbe de distribution de l'énergie de Maxwell-Boltzmann à la température T_1 .



Esquissez une courbe sur le graphique à une température plus élevée et légendez-la T_2 . [1]

- (vi) Indiquez l'effet d'une augmentation de la température de T_1 à T_2 sur l'énergie d'activation, E_a . [1]

.....

(Suite de la question à la page 11)



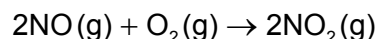
Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



(Suite de la question 2)

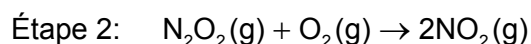
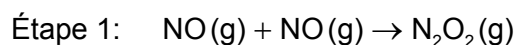
- (c) La réaction inverse de la partie (b) produit du dioxyde d'azote à partir du monoxyde d'azote :



L'équation de vitesse a été déterminée expérimentalement comme :

$$\text{Vitesse} = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2].$$

- (i) Un élève a proposé le mécanisme suivant et suggéré que l'étape 1 est l'étape déterminante de la vitesse.



Évaluez le mécanisme proposé et l'étape déterminante de la vitesse.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez la valeur et les unités de la constante de vitesse.

[2]

[NO] / mol dm⁻³	[O₂] / mol dm⁻³	Vitesse / mol dm⁻³ s⁻¹
1,6 × 10 ⁻¹	2,4 × 10 ⁻¹	1,5 × 10 ⁻⁴

.....

.....

.....

.....



3. L'iridium est un métal de transition.

(a) L'iridium a deux isotopes stables abondants avec une masse atomique moyenne de 192,22 uma.

Isotope	Masse atomique	Abondance en pourcentage
Ir-191	190,96	
Ir-193	192,96	

(i) Déterminez l'abondance en pourcentage des isotopes en montrant votre travail. [2]

Ir-191 :

 Ir-193 :

(ii) Indiquez le nombre de particules subatomiques dans $^{193}\text{Ir}^{4+}$. [1]

Particules subatomiques	Nombre
Protons	
Neutrons	
Électrons	

(b) Le sodium et l'aluminium sont des métaux de la même période.

(i) Résumez pourquoi la force de la liaison métallique augmente du sodium, Na, à l'aluminium, Al. [2]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

- (ii) Écrivez une équation pour la réaction du sodium, Na, avec l'eau, en incluant les symboles d'état. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Résumez pourquoi l'électronégativité du sodium, Na, est plus grande que celle du césium, Cs. [1]

.....

.....

- (iv) L'énergie de première ionisation du Cs est de 376 kJ mol^{-1} .

Déterminez la longueur d'onde de convergence pour un atome de césium, en m, et la région à laquelle elle correspond dans le spectre électromagnétique.

Utilisez les sections 1, 2 et 5 du recueil de données. [3]

Longueur d'onde :

.....

.....

.....

Région :

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

- [1]

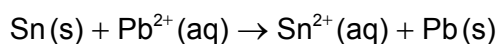
.....

.....

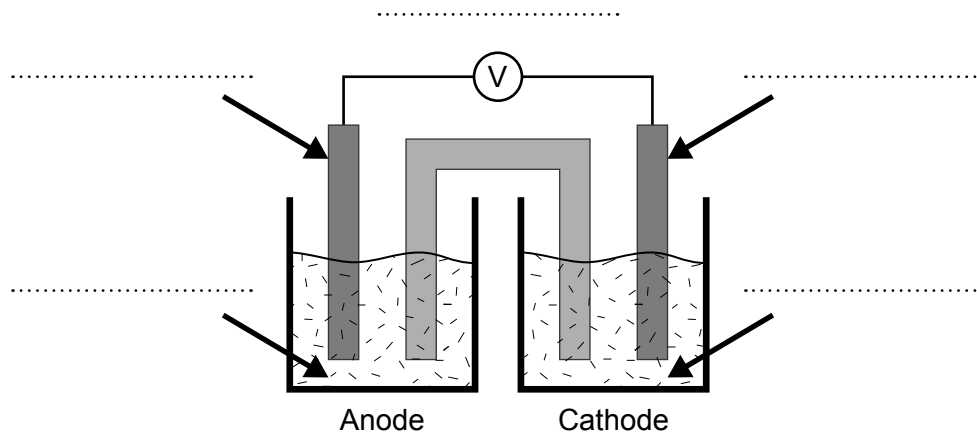
- [1]

Propriété :

- (d) Les métaux peuvent être utilisés dans les piles voltaïques.



- [2]



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

- (ii) Les réactions redox dans certaines piles voltaïques peuvent être inversées.

Expliquez le processus de recharge de la pile voltaïque dans la partie (d)(i).

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (e) L'ion cobalt, Co^{3+} , forme une variété de complexes colorés.

- (i) Résumez, une raison à l'appui, pourquoi les solutions contenant des ions $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ont une couleur violette.

Utilisez la section 15 du recueil de données.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Indiquez le type de liaison entre l'ion cobalt, Co^{3+} , et l'eau, H_2O , dans le complexe, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$.

[1]

.....



4. Les composés organiques peuvent être produits par une variété de réactions.

(a) Les réactions des halogénoalcanes et les ions hydroxyde sont un exemple de substitution nucléophile.

(i) Esquissez le mécanisme de la réaction du 1-bromobutane avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

Utilisez des flèches courbes pour montrer le déplacement des électrons.

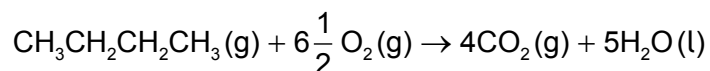
[3]

(ii) Indiquez le nom du produit organique dans la partie (a)(i).

[1]

.....

(b) Le butane est soumis à la combustion.



(i) Calculez la variation d'enthalpie standard, $\Delta H^\ominus$, en kJ mol^{-1} , pour la combustion du butane.

Utilisez la section 13 du recueil de données.

[2]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

- (ii) La variation d'entropie standard, $\Delta S^\ominus$, pour la combustion du butane est de $-437,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Déterminez la variation standard d'énergie de Gibbs, $\Delta G^\ominus$, en kJ mol^{-1} , pour la combustion du butane à 25°C , en utilisant la réponse de la partie (b)(i).

Utilisez les sections 1 et 4 du recueil de données.

Si vous n'avez pas obtenu de réponse à la partie (b)(i), utilisez la valeur $-2400 \text{ kJ mol}^{-1}$, bien que ceci ne soit pas la réponse correcte.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Indiquez l'état d'oxydation du **carbone-1** dans le butane et du carbone dans le dioxyde de carbone.

[2]

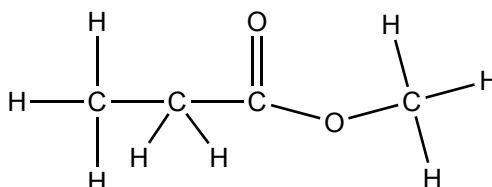
Composé	État d'oxydation
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
CO_2	

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

- (c) (i) Indiquez les noms des composés organiques utilisés pour produire cet ester. [2]



.....

- (ii) Indiquez le nom du sous-produit de cette réaction. [1]

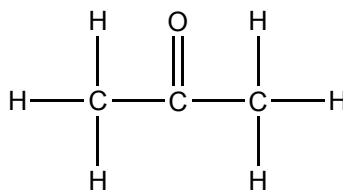
.....

(Suite de la question à la page suivante)

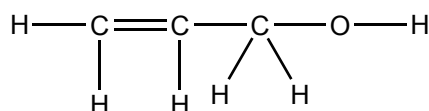


(Suite de la question 4)

(iii) Les composés suivants ont la même masse molaire.



Propanone



Prop-2-én-1-ol

Expliquez, avec des raisons à l'appui, pourquoi le prop-2-én-1-ol présente un point d'ébullition plus élevé que la propanone.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

(d) Le méthane, CH_4 , réagit avec le chlore, Cl_2 , pour produire du chlorométhane, CH_3Cl .

(i) Résumez pourquoi la lumière ou la chaleur est nécessaire pour amorcer la réaction. [1]

.....

(ii) Déduisez **deux** étapes de propagation et **une** étape de terminaison pour ce mécanisme. [3]

Propagation :

 Terminaison :

(e) (i) Expliquez pourquoi le but-2-ène, $\text{CH}_3\text{CHCHCH}_3$, a deux stéréoisomères mais le but-1-ène, $\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3$, n'en a pas. [1]

.....

(ii) Indiquez l'hybridation des atomes de carbone dans le but-2-ène. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

- (iii) Prédisez le nombre de signaux et les aires relatives sous ces signaux pour le spectre RMN ^1H du but-2-ène.

[2]

Nombre de signaux :

.....

Aires relatives :

.....

- (iv) Esquissez le mécanisme pour la réaction du bromure d'hydrogène, HBr , avec le but-1-ène, $\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3$, en montrant la formation du produit majeur 2-bromobutane.

Utilisez des flèches courbes pour représenter le déplacement des électrons.

[3]

- (v) Dessinez les deux stéréoisomères du 2-bromobutane en utilisant des représentations de Cram.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

(vi) Résumez comment distinguer entre les deux stéréoisomères du 2-bromobutane. [2]

.....

.....

.....

.....

(vii) Discutez pourquoi le benzène, C_6H_6 , ne réagit pas avec le HBr de manière similaire comme le but-1-ène. [2]

.....

.....

.....

.....

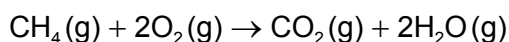
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

(f) Les composés organiques peuvent aussi être utilisés comme combustibles.

(i) Calculez la variation d'enthalpie pour la combustion du méthane en utilisant la section 12 du recueil de données. [2]



.....

.....

.....

.....

.....

.....

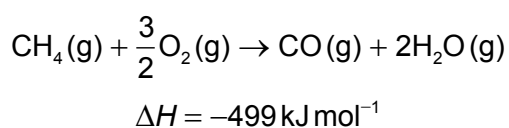
(ii) L'enthalpie de combustion pour le méthane pourrait aussi être calculée en utilisant la section 13 du recueil de données.

Indiquez, une raison à l'appui, la valeur de l'enthalpie standard de formation, $\Delta H_f^\ominus$, pour $\text{O}_2(\text{g})$. [1]

.....

.....

(iii) Voici une réaction pour la combustion incomplète du méthane :



Suggérez pourquoi la combustion incomplète du méthane libère moins d'énergie que sa combustion complète. [2]

.....

.....

.....

.....



Avertissement :

Le contenu utilisé dans les évaluations de l'IB est souvent extrait de sources authentiques issues de tierces parties. Les avis qui y sont exprimés appartiennent aux personnes à l'origine de leur création et/ou de leur publication, et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'IB. Parfois, des entreprises, produits ou individus fictionnels sont inclus dans les évaluations. Toute ressemblance avec des entités réelles serait purement fortuite. Toutes les marques commerciales™ ou déposées® incluses sont utilisées à des fins d'illustration uniquement, et leur utilisation n'implique aucune affiliation avec le Baccalauréat International ni aucune promotion de sa part.



24EP24