

Chimie

Instructions au candidat

- א. Durée de l'examen : deux heures.
- ב. Structure du questionnaire et barème de notation :
Ce questionnaire comporte trois sections.

Première section	—	$33\frac{1}{3}$ points
Deuxième section	—	$33\frac{1}{3}$ points
Troisième section	—	$33\frac{1}{3}$ points
Total	—	100 points

- ג. Matériel auxiliaire autorisé :
- (1) Calculatrice (calculatrice graphique comprise).
(2) Dictionnaire hébreu-langue étrangère/langue étrangère-hébreu.

- ד. Instructions particulières : aucune.

Écrivez dans votre cahier d'examen uniquement, sur des pages séparées, ce que vous souhaitez écrire en tant que brouillon (plans, calculs, etc.).

Indiquez "טיוטה" en haut de chaque page de brouillon.

Écrire des notes de brouillon sur d'autres feuilles que celles du cahier d'examen, risque d'entraîner votre disqualification !

כימיה

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:
בשאלון זה שלושה פרקים.

פרק ראשון	—	$33\frac{1}{3}$ נקודות
פרק שני	—	$33\frac{1}{3}$ נקודות
פרק שלישי	—	$33\frac{1}{3}$ נקודות
סה"כ	—	100 נקודות

- ג. חומר עזר מותר בשימוש:
(1) מחשבון (כולל מחשבון גרפי).
(2) מילון עברי-לועזי/לועזי-עברי.

- ד. הוראות מיוחדות: אין

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

Bonne chance!

בהצלחה!

Questions

Ce questionnaire comporte trois sections.

Répondez à trois questions – **une question de chacune des sections.**

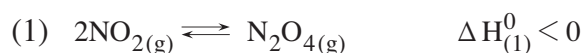
Première section – Équilibre chimique et entropie (33 $\frac{1}{3}$ points)

Répondez à l'une des questions 1-2.

Attention : veillez à équilibrer les réactions et à noter correctement les unités.

1. En raison de la combustion du carburant, la température du moteur d'une automobile est élevée. Ainsi l'azote et l'oxygène présents dans l'air réagissent ensemble pour former, entre autres, du dioxyde d'azote, $\text{NO}_{2(g)}$, qui est un gaz de couleur marron.

L'introduction de $\text{NO}_{2(g)}$ dans un récipient vide entraîne la réaction (1) produisant du tétraoxyde de diazote, $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$, qui est un gaz incolore :



- ⌘. Comment est-il possible de voir que la réaction (1) se produit dans le récipient ?
- ⌘. i Déterminez si l'entropie du système augmente ou diminue au cours de la réaction (1). Justifiez.
- ii Déterminez si l'entropie de l'environnement augmente ou diminue au cours de la réaction (1).
- iii La réaction (1) est spontanée à une température de 298 K .
Déterminez si à une température de 298 K , la variation d'entropie de l'environnement est supérieure ou inférieure à la variation d'entropie du système.
Justifiez.

En laboratoire, on a effectué la réaction (1) dans deux récipients fermés, I et II .

Chaque récipient avait une capacité de 1 litre.

Dans chacun des récipients vides on a introduit le même nombre de moles de $\text{NO}_{2(g)}$, puis on a fermé les récipients.

Le récipient I a été maintenu à une température de 298 K . Le récipient II a été maintenu à une température de 500 K .

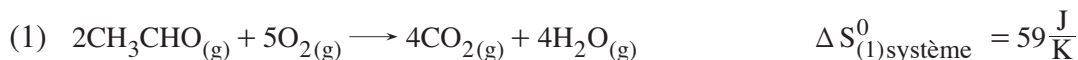
La réaction (1) s'est produite dans les deux récipients, puis les deux systèmes ont atteint l'état d'équilibre.

- ⌘. Déterminez dans quel récipient, I ou II , le système a mis moins de temps à atteindre l'état d'équilibre. Justifiez à l'aide de la théorie des collisions.

7. i Les valeurs des constantes d'équilibre, K_c , pour les systèmes présents dans les deux récipients I et II, sont 0,025 et 170 .
Faites correspondre à chacun des systèmes présents dans les récipients I et II, la valeur de K_c . Expliquez.
- ii Déterminez si la concentration du $N_2O_{4(g)}$ présent dans le récipient II à l'état d'équilibre est supérieure, inférieure ou égale à la concentration du $N_2O_{4(g)}$ présent dans le récipient I. Justifiez.
- iii Lorsque le système présent dans le récipient I a atteint l'état d'équilibre, 0,03 mole de $NO_{2(g)}$ se trouvait dans le récipient.
Donnez l'expression de la constante d'équilibre, K_c .
Calculez la concentration du $N_2O_{4(g)}$ dans le récipient I à l'état d'équilibre.
Détaillez vos calculs.
7. Lorsque le système présent dans le récipient I se trouvait à l'état d'équilibre, on a ajouté dans le récipient un peu de $N_2O_{4(g)}$, rompant ainsi l'équilibre.
Au bout d'un certain temps, le système a atteint un nouvel état d'équilibre.
Déterminez si au nouvel état d'équilibre, la concentration de $NO_{2(g)}$ est supérieure, inférieure ou égale à la concentration du $NO_{2(g)}$ au précédent état d'équilibre. Justifiez.

2. L'éthanal, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\ell)}$, est une substance inflammable, servant, entre autres, à la production de parfums.

Voici l'équation de la réaction de combustion de l'éthanal à l'état gazeux, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{g})}$.

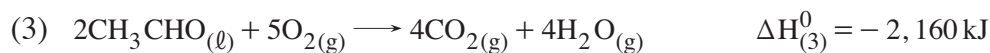


Dans le tableau ci-dessous figurent des données thermodynamiques concernant les réactifs et les produits de la réaction (1).

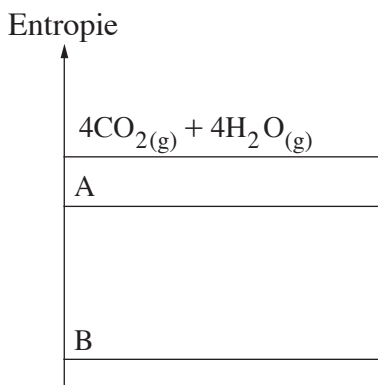
Formule de la substance	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$	$\text{CO}_{2(\text{g})}$	$\text{O}_{2(\text{g})}$	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{g})}$
Entropie molaire standard, S^0 $\left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}\right)$	189	214	205	X
Enthalpie de fusion standard, ΔH_f^0 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$	- 242	- 394	—	- 166

- א. i Calculez la valeur de l'entropie molaire standard du $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{g})}$ (la valeur X du tableau). Détaillez vos calculs.
- ii Calculez la variation d'enthalpie $\Delta H_{(1)}^0$ de la réaction (1). Détaillez vos calculs.
- ב. i Au cours de la réaction, une augmentation de l'entropie de l'environnement se produit. Expliquez pourquoi.
- ii Au cours de la réaction, une augmentation de l'entropie du système se produit. Expliquez pourquoi.
- iii Déterminez si la réaction (1) est spontanée à température ambiante. Justifiez.
- ג. La réaction (2) décrit un changement d'état de l'éthanal.
- $$(2) \quad \text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{g})} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CHO}_{(\ell)} \quad \Delta H_{(2)}^0 < 0$$
- i Déterminez si l'entropie molaire standard, S^0 , du $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\ell)}$ est supérieure ou inférieure à S^0 du $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{g})}$. Justifiez.
- ii Déterminez si la réaction (2) est spontanée à toute température. Justifiez.

7. Voici l'équation de la réaction de combustion de l'éthanal à l'état liquide, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\ell)}$.



- i Calculez la variation d'entropie de l'environnement pour la réaction (3) à une température de 280 K .
- ii Le diagramme ci-dessous représente l'entropie du système pour les réactions (1) et (3) .



Recopiez la figure dans votre cahier, puis inscrivez sur chacune des lignes désignées par les lettres A et B les formules des réactifs des réactions (1) et (3) qui conviennent.

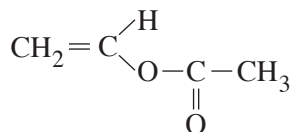
Deuxième section – Polymères (33 $\frac{1}{3}$ points)

Répondez à l'une des questions 3-4.

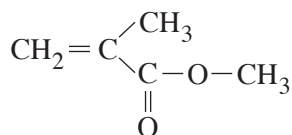
3. La peinture acrylique contient un copolymère aléatoire et un pigment (colorant).

Voici la formule structurale de trois monomères :

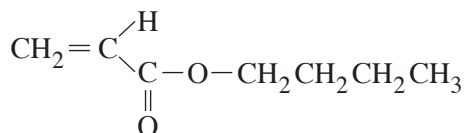
- (1) Acétate de vinyle



- (2) Méthacrylate de méthyle



- (3) Acrylate de butyle



Afin de préparer de la peinture acrylique, on peut utiliser le copolymère A ou le copolymère B .

- ⌘. i Donnez un segment représentatif du copolymère aléatoire A obtenu à partir du monomère (1) et du monomère (2).
- ii Donnez un segment représentatif du copolymère aléatoire B obtenu à partir du monomère (1) et du monomère (3).
- iii Déterminez pour chacun des copolymères A et B s'il est obtenu par la méthode d'addition ou de condensation.

- ב. Afin de peindre des murs, on utilise un mélange de peinture acrylique et d'eau en tant que diluant (l'eau est un solvant qui s'évapore relativement rapidement). L'eau s'évapore de sur le mur et la peinture reste. Il existe des peintures acryliques diluées avec de l'eau auxquelles on ajoute un peu de glycérol.

Voici les formules des deux diluants :

l'eau, $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$,

le glycérol, $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}_{(\ell)}$.

- i Expliquez pourquoi les molécules d'eau et les molécules de glycérol peuvent se lier aux molécules du copolymère.
- ii Le glycérol est moins volatil que l'eau. Indiquez deux raisons à cela.
- ג. La peinture acrylique sert également à protéger les ustensiles en fer contre la rouille. La rouille est le produit de la réaction entre le fer et l'oxygène présent dans l'air. Le copolymère A protège mieux le fer de la pénétration de l'air que le copolymère B . Expliquez ce fait.
- ד. À des conditions adéquates, les deux copolymères A et B , peuvent subir une hydrolyse totale.
- i Donnez les formules structurales de tous les produits de l'hydrolyse totale du copolymère A .
- ii Donnez les formules structurales de tous les produits de l'hydrolyse totale du copolymère B .
- ה. La température de fusion, T_m , du produit principal de l'hydrolyse du copolymère A est supérieure à la T_m du copolymère A . Indiquez deux raisons à ce fait puis expliquez.

4. א. Voici des caractéristiques a-f de polymères.

- a Structure amorphe
- b Taux élevé de cristallinité
- c Longues chaînes dépourvues de groupements latéraux importants
- d Groupements latéraux importants
- e Segments rigides dans la chaîne principale
- f Liaisons réticulaires covalentes

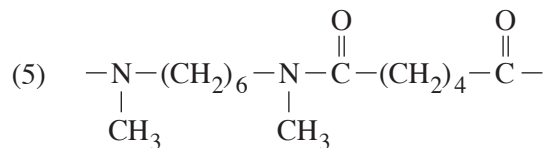
Parmi les caractéristiques a-f, indiquez trois caractéristiques correspondant à des polymères servant à la fabrication de fibres.

Dans le tableau ci-dessous figurent des données concernant quatre polymères, (1)-(4), dont les degrés moyens de polymérisation sont semblables.

	Nom du polymère	Formule structurale de l'unité répétitive	T _g (°C)	T _m (°C)
(1)	Adipate de polyéthylène	$-O-CH_2-CH_2-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-$	- 45	50
(2)	Nylon 6,6	$\begin{array}{c} -N-(CH_2)_6-N-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}- \\ \qquad \qquad \\ H \qquad \qquad H \end{array}$	80	265
(3)	Dacron	$-O-CH_2-CH_2-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-$	70	265
(4)	Perspex	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ -CH_2-C- \\ \\ C-O-CH_3 \\ \\ O \end{array}$	105	160

- א. i Expliquez pourquoi la valeur T_g du polymère (3) est supérieure à la valeur T_g du polymère (1).
- ii Expliquez pourquoi la valeur T_m du polymère (2) est égale à la valeur T_m du polymère (3).

- ג. Lorsque les atomes d'hydrogène amidiques du polymère (2) sont remplacés par des groupements méthyle, $-\text{CH}_3$, on obtient le polymère (5) appelé nylon (N-méthyle) 6,6 :



- i La valeur T_g du polymère (5) est inférieure à la valeur T_g du polymère (2). Expliquez pourquoi.
- ii Le polymère (5) ne convient pas à la production de fibres. Indiquez deux raisons à cela.
- ד. L'utilisation massive de produits en plastique peut nuire à la qualité de l'environnement. La production de polymères biodégradables est l'un des moyens permettant de résoudre ce problème. Un polymère subissant une hydrolyse et dont les produits de l'hydrolyse se dissolvent dans l'eau constitue un exemple de polymère biodégradable. Ainsi, il est possible de réduire la nuisance causée à la qualité de l'environnement. Les polymères (1)-(4) du tableau peuvent subir une hydrolyse à des conditions adéquates.
- i Donnez la formule structurale des produits de l'hydrolyse totale de chacun des quatre polymères.
- ii Le polymère (4) n'est pas un polymère biodégradable, bien qu'il puisse subir une hydrolyse. Expliquez ce fait.
- ה. Un des produits de l'hydrolyse du polymère (2) a réagi avec un des produits de l'hydrolyse du polymère (3). On a obtenu le polymère (6), dont la valeur T_m est supérieure à la valeur T_m des polymères (2) et (3). Donnez la formule structurale de l'unité répétitive du polymère (6).

Troisième section – Chimie physique : de l'échelle nanoscopique à la micro-électronique (33 $\frac{1}{3}$ points)

Répondez à l'une des questions 5-6.

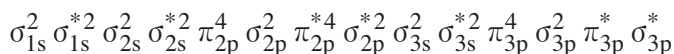
Attention : veillez à équilibrer les réactions et à noter correctement les unités.

5. La question traite du phosphore.

א. L'atome de phosphore, P, excité émet un rayonnement. L'énergie de l'un des photons de ce rayonnement est de 5,8 eV.

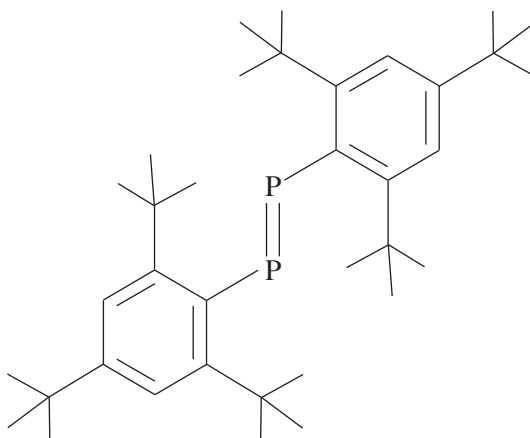
- i Déterminez si le rayonnement émis, correspondant à un tel photon, se situe dans le domaine visible ou dans le domaine ultra-violet (UV) ou dans le domaine infra-rouge (IR). Détaillez vos calculs, puis justifiez.
- ii Calculez la fréquence du rayonnement émis, correspondant à un tel photon. Détaillez vos calculs.

ב. Voici le remplissage des électrons dans une molécule de phosphore, P₂.



- i Donnez le niveau LUMO de la molécule de phosphore. Justifiez.
- ii Quelle particule est la plus stable : P₂ ou l'ion P₂⁺ ? Justifiez.

ג. Voici la représentation abrégée de la formule structurale du diphosphène, C₃₆H₅₈P₂.

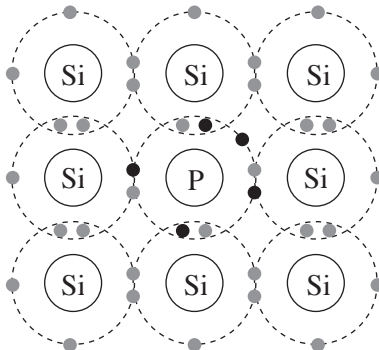


Expliquez comment la structure de la molécule de diphosphène entraîne la coloration de cette substance.

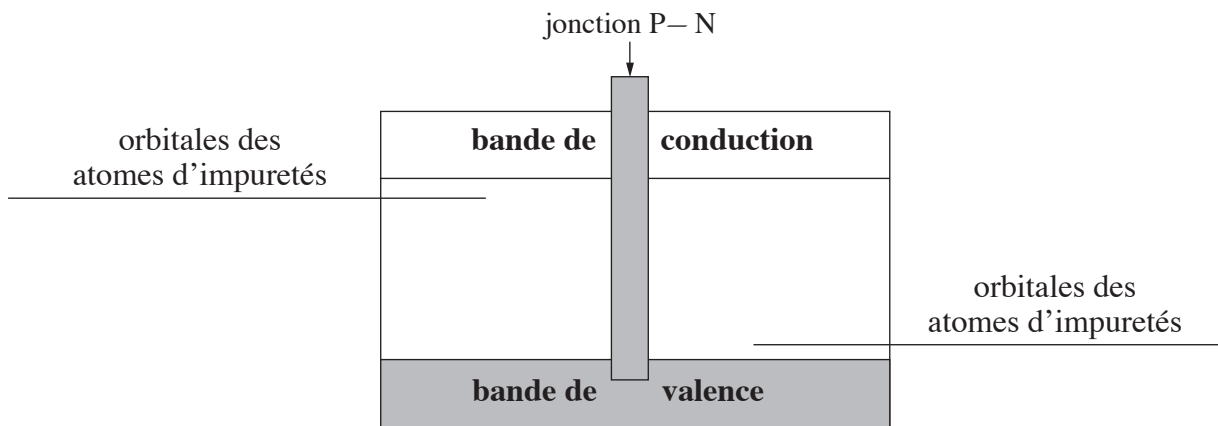
Il existe des phares qui éclairent au moyen de lampes LED (diode électroluminescente) qui émettent un rayonnement à diverses longueurs d'onde.

7. Une LED est constituée d'un semi-conducteur de type N et d'un semi-conducteur de type P.

La figure ci-dessous décrit un segment de la structure d'un semi-conducteur.



- Déterminez si la figure représente un semi-conducteur de type N ou un semi-conducteur de type P. Justifiez.
- Une LED est fabriquée à partir de cristaux de semi-conducteur. Lorsque l'on fait traverser un courant électrique à travers ces cristaux, un rayonnement électromagnétique dans le domaine visible est émis.
Voici le schéma d'une LED obtenue par la combinaison d'un semi-conducteur de type N avec un semi-conducteur de type P.



Recopiez le schéma dans votre cahier.

- Indiquez sur le schéma le semi-conducteur de type N et le semi-conducteur de type P.
- Ajoutez au schéma une pile et des fils conducteurs, afin de former un circuit électrique traversé par un courant.
- Indiquez sur le schéma la charge, (+) ou (-), sur chacune des bornes de la pile, puis indiquez par une flèche le sens de déplacement des électrons dans ce circuit.

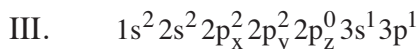
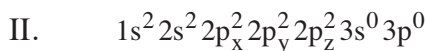
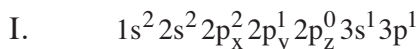
- ה. Les lampes des feux tricolores sont des lampes LED. Le feu comporte une lampe émettant une lumière verte, et une lampe émettant une lumière rouge.
- i Dans quelle LED, le gap d'énergie est le plus grand : la LED verte ou la LED rouge ? Justifiez.
- ii Les feux tricolores comportent également une lumière jaune. Calculez l'intervalle d'énergie des photons de lumière jaune. Détaillez vos calculs.

6. La question traite du magnésium, Mg .

- א. i Dessinez le diagramme de remplissage des électrons pour les trois premiers niveaux de l'atome Mg .

Représentez le remplissage des électrons dans les orbitales adéquates.

- ii Voici trois configurations électroniques, I-III



Déterminez laquelle des configurations, I , II ou III , est la configuration électronique de l'ion excité de magnésium, Mg^{2+} .

Expliquez pourquoi vous avez écarté les deux autres configurations.

- ב. Voici des longueurs d'onde correspondant au spectre d'émission de l'atome de magnésium : 279 nm , 469 nm , 592 nm .

- i Déterminez à laquelle des longueurs d'onde données correspond l'énergie du photon la plus basse. Calculez cette énergie. Détaillez vos calculs, puis justifiez.

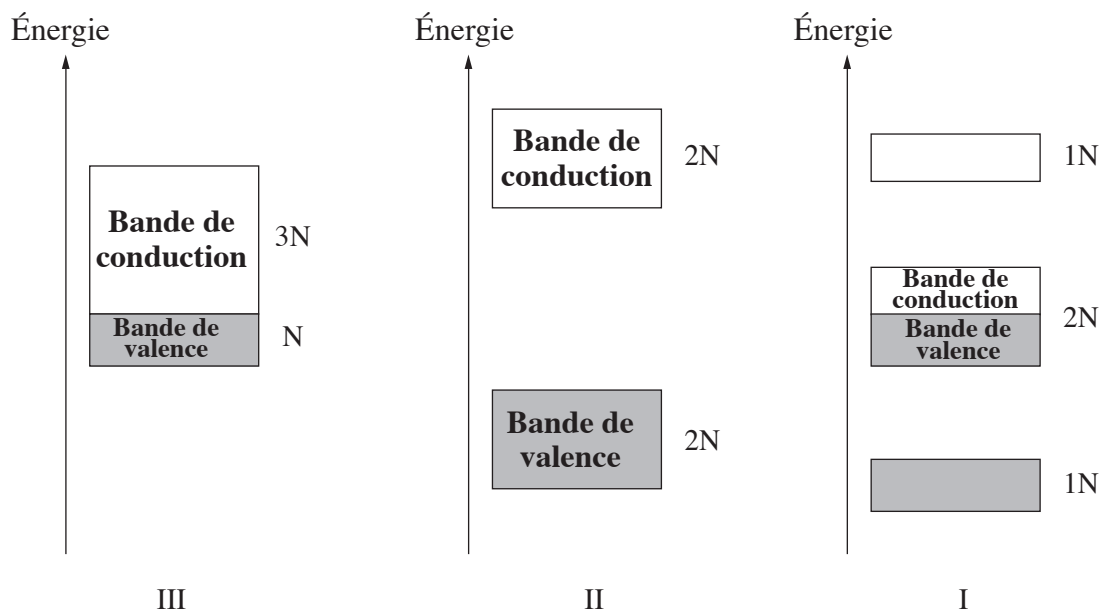
- ii Déterminez à laquelle des longueurs d'onde données correspond la fréquence de rayonnement la plus élevée. Calculez cette fréquence. Détaillez vos calculs, puis justifiez.

- iii Le spectre d'émission de l'atome de magnésium comporte une raie d'émission supplémentaire à une longueur d'onde pour laquelle l'énergie du photon émis est de 3,2 eV .

Déterminez si la longueur d'onde de la raie d'émission supplémentaire est supérieure, inférieure ou égale à 469 nm. Détaillez vos calculs, puis justifiez.

- ג. i Indiquez une différence entre un spectre d'émission discontinu et un spectre d'émission continu dans le domaine visible.
- ii Indiquez une différence entre l'absorption d'un photon et l'émission d'un photon.

7. Voici trois diagrammes décrivant des bandes de valences et des bandes de conduction au dernier niveau d'énergie d'un solide.
Chaque diagramme comporte $4N$ orbitales.



- i Déterminez lequel des trois diagrammes, I , II ou III , décrit un cristal de magnésium, $\text{Mg}_{(s)}$, comportant N atomes. Justifiez.
- ii Un des trois diagrammes représente une substance qui ne conduit pas l'électricité. Recopiez ce diagramme dans votre cahier, puis indiquez-y la bande d'énergie interdite.

Bonne chance!

Tous droits réservés à l'État d'Israël.
Toute copie ou publication est interdite sans l'autorisation du
Ministère de l'Éducation.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך