

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 le cahier d'examen uniquement. Inscrivez "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.

Bonne chance!

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. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

בהצלחה!

Questions

Ce questionnaire comporte trois sections.

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

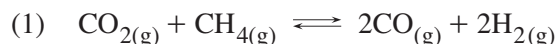
Première section – Équilibre chimique et entropie (33 $\frac{1}{3}$ points)

Répondez à l'une des questions 1-2.

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

1. Dans la tour solaire érigée au sein de l'institut Weizmann, on a procédé à des études traitant de la conversion du rayonnement solaire en d'autres énergies.

Afin de convertir le rayonnement solaire en énergie sous forme de chaleur, on installe de nombreux miroirs qui concentrent le rayonnement solaire vers un réservoir dans lequel sont effectuées différentes réactions, notamment la réaction (1) :



Dans le tableau ci-dessous figurent des valeurs d'enthalpie standard de formation, ΔH_f^0 , relatives aux réactifs et aux produits de la réaction (1).

Substance	Hydrogène $\text{H}_{2(g)}$	Monoxyde de carbone $\text{CO}_{(g)}$	Méthane $\text{CH}_{4(g)}$	Dioxyde de carbone $\text{CO}_{2(g)}$
Enthalpie standard de formation, ΔH_f^0 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$	0	-110	-75	-394

- ⌘. i Calculez la variation d'enthalpie de la réaction (1), $\Delta H_{(1)}^0$. Détaillez vos calculs.
 ii Au cours de la réaction (1), l'entropie du système augmente tandis que l'entropie de l'environnement diminue.
 Expliquez chacun de ces deux faits.
 iii On effectue la réaction (1) à une température de 1300 K. Expliquez pourquoi cette réaction doit être effectuée à une température élevée.

Le mélange des produits de la réaction (1) possède une quantité d'énergie élevée. On transfère ce mélange au stock ou dans un récipient de volume constant, puis on y effectue la réaction inverse, la réaction (2) :



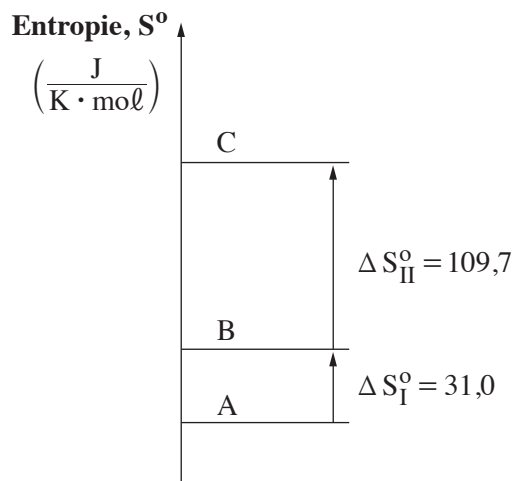
L'énergie dégagée est exploitée pour produire de la vapeur, cette vapeur étant exploitable pour produire de l'électricité.

- ⌘. i À quelle température la réaction (2) est-elle le plus favorisée : à 298 K ou à 1000 K ?
Justifiez.
 ii Proposez une méthode pour vérifier expérimentalement en laboratoire si le système de la réaction (2) est à l'état d'équilibre à la température que vous avez choisie au sous-article ⌘ i. Expliquez la méthode que vous avez proposée.

/suite en page 3/

2. Le vin est une solution aqueuse contenant, entre autres, de l'éthanol, C_2H_5OH .

⌘ Le diagramme ci-dessous décrit les variations d'entropie molaire standard, ΔS^0 , de l'éthanol à différents états :

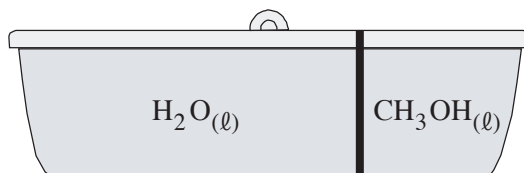


- Les lettres A, B et C représentent l'éthanol à différents états (solide, liquide, gaz). Déterminez quel état chacune des lettres A, B et C représente.
- Expliquez pourquoi la valeur de ΔS^0_I est inférieure à celle de ΔS^0_{II} .
- Calculez la variation d'entropie du système lors du passage de l'éthanol de l'état gazeux à l'état solide.

Détaillez vos calculs, puis expliquez le signe (positif ou négatif) de la valeur que vous avez calculée.

2. Lors de l'été 2018, on a découvert que certains commerçants avaient vendu du vin contenant du méthanol, CH_3OH .

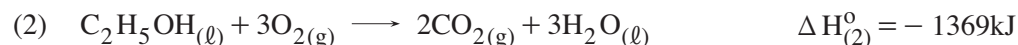
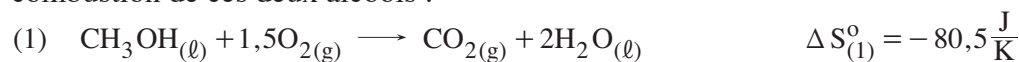
Le méthanol est une substance toxique, et son ingestion peut causer la cécité voire la mort. On a réalisé une expérience en laboratoire : on a pris un récipient fermé comportant une cloison. Dans un côté du récipient on a introduit du méthanol, et dans l'autre on a introduit de l'eau, tel que cela est décrit dans la figure ci-dessous.



On a retiré la cloison puis on a mélangé les liquides.

- i Au cours de la dissolution du méthanol dans l'eau, l'entropie du système augmente. Voici deux affirmations a-b.
Déterminez laquelle de ces affirmations est correcte, puis expliquez pourquoi vous avez écarté l'autre affirmation.
- a. Au terme de la dissolution, le nombre de moles de toutes les particules dans le récipient est supérieur au nombre de moles de toutes les particules au début du mélange.
- b. Au terme de la dissolution, la dispersion des particules est supérieure à la dispersion des particules au début du mélange.
- ii. La dissolution du méthanol dans l'eau est un processus exothermique. Déterminez si ce processus est spontané aux conditions ambiantes. Justifiez.

Aux conditions adéquates, le méthanol et l'éthanol sont inflammables. Voici la réaction de combustion de ces deux alcools :



Le tableau ci-dessous comporte des valeurs d'entropie molaire standard, S° , d'une partie des substances impliquées dans les réactions (1) et (2) :

Substance	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$	$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$
Entropie molaire standard, S° $\left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}\right)$	214	205	161	127

3. Calculez l'entropie molaire standard, S° , du $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$. Détaillez vos calculs.
7. i Déterminez si au cours de la réaction (2), l'entropie du système augmente ou diminue. Justifiez sans calcul.
- ii Calculez la variation de l'entropie du système dans la réaction (2). Détaillez vos calculs.
- iii Déterminez si la réaction (2) est spontanée à une température de 303 K. Détaillez vos calculs, puis justifiez.

/suite en page 6/

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

Répondez à l'une des questions 3-4.

3. La question traite de certains polymères servant à la fabrication de fibres.

Voici les formules structurales des monomères à partir desquels on obtient les polymères (1)-(4) :

Le polymère (1) – le nylon 5,10 sert, entre autres, à la fabrication de fibres pour les bas.

Il est obtenu à partir des monomères suivants :



Le polymère (2) – le polytéréphtalate d'éthylène (PET) sert, entre autres, à la fabrication de bouteilles de soda.

Il est obtenu à partir des monomères suivants :



Voici les formules structurales des monomères à partir desquels il est possible d'obtenir les polymères (3) et (4) :



Acide lactique

Acide glycolique

Le polymère (3) – l'acide polyglycolique (PGA) sert, entre autres, à la fabrication de textiles.

Le copolymère (4) – le PLGA, est un copolymère aléatoire obtenu à partir de l'acide lactique et de l'acide glycolique. Ce polymère sert, entre autres, à la fabrication de fils de suture.

- א. i Déterminez selon quelle méthode de polymérisation – condensation ou addition, chacun des quatre polymères (1)-(4) a été synthétisé.
- ii Donnez la formule structurale de l'unité répétitive de chacun des trois polymères (1)-(3).
- ב. i Le taux de cristallisation du polymère (2) est supérieur au taux de cristallisation du polymère (1). Expliquez pourquoi.
- ii Les polymères (1) et (2) conviennent à la production de fibres. Indiquez deux causes à cela pour chacun de ces polymères.
- ג. Il est possible de recycler les bouteilles faites en polymère (2) – le PET.
Les bouteilles sont lavées puis broyées, et le polymère subit un traitement incluant un étirement des fibres afin de produire des tissus, dont le polaire.
 - i L'étirement du polymère (2) est une étape importante dans la production des fibres de polaires. Expliquez pourquoi.
 - ii Déterminez si le polymère (2) est un polymère thermoplastique, élastomère ou thermostatique. Justifiez votre réponse.

7. i Donnez la formule structurale d'un segment représentatif du copolymère aléatoire (4).
- ii La température de fusion, T_m , du copolymère (4) est inférieure à la température de fusion du polymère (3) . Expliquez pourquoi.
- iii Les fils de suture, faits en copolymère (4) , se décomposent dans le corps durant quelques semaines suivant l'opération chirurgicale car le copolymère subit une hydrolyse par les fluides corporels (en majorité de l'eau).
- Les produits de cette hydrolyse sont des substances qui se trouvent naturellement dans le corps humain.
- Donnez les formules structurales des produits de l'hydrolyse totale du copolymère (4) .

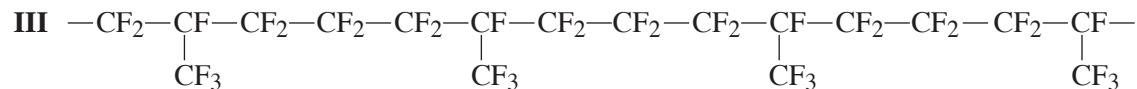
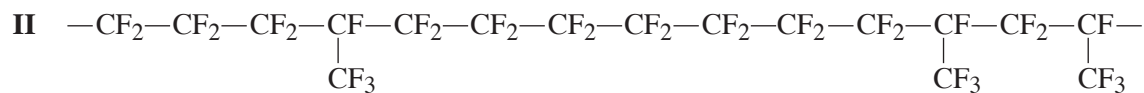
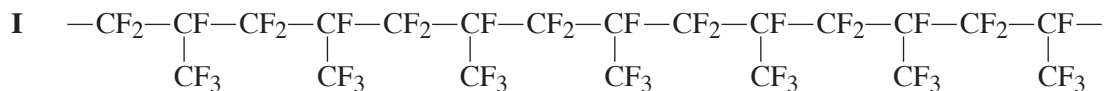
4. Dans le tableau ci-dessous figurent des données concernant quatre polymères, dont les degrés moyens de polymérisation sont semblables.

	Nom du polymère	Formule structurale de l'unité répétitive	Température de vitrification T_g (°C)	Température de fusion T_m (°C)	Quelques usages du polymère
(1)	Polychlorure de vinyle (PVC)	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ Cl	80	265	– Revêtement des sols – Isolation de fils électriques
(2)	Polyfluorure de vinyle (PVF)	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ F	40	190	– Manteaux imperméables – Panneaux solaires
(3)	Téflon	$\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—}$	125	330	– Revêtement d'ustensiles – Isolants en industrie électrique
(4)	Polypropylène (PP)	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ CH ₃	– 18	165	– Toiles d'emballage – Pièces mécaniques

8. Les quatre polymères (1)-(4) sont obtenus par la même méthode de polymérisation. Déterminez de quelle méthode il s'agit, addition ou condensation. Justifiez.
9. En laboratoire, on a synthétisé deux échantillons, I et II, du polymère (1) à partir de quantités égales de monomère.
Afin de synthétiser l'échantillon I, on a utilisé 0,2 gramme d'initiateur, et afin de synthétiser l'échantillon II, on a utilisé 2 grammes du même initiateur.
- Le degré moyen de polymérisation de l'échantillon I est supérieur au degré moyen de polymérisation de l'échantillon II. Expliquez pourquoi.
 - Le processus de polymérisation de l'échantillon II se déroule plus rapidement que le processus de polymérisation de l'échantillon I. Expliquez pourquoi.
10. i Déterminez chez quel polymère, (1) ou (2), la capacité de ramification aléatoire des chaînes est la plus élevée. Justifiez.
- ii Expliquez pourquoi la T_m du polymère (2) est supérieure à la T_m du polymère (4).
11. Lors de la polymérisation du polymère (4), il est possible de contrôler la masse molaire moyenne, $\bar{M}$.
- On peut ainsi adapter les propriétés du polymère aux exigences des différents produits. Plus la masse molaire moyenne du polymère (4) est grande, plus la température de fusion, T_m , de ce polymère est élevée. Expliquez pourquoi.

- ה. Il est possible d'obtenir un copolymère aléatoire par la polymérisation du monomère du polymère (3) et du monomère $\text{CF}_2 = \text{CF} - \text{CF}_3$.

Déterminez laquelle des trois formules structurales I-III ci-dessous est la formule correcte d'un segment représentatif de ce copolymère aléatoire.



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 : veuillez à équilibrer les réactions et à noter correctement les unités.

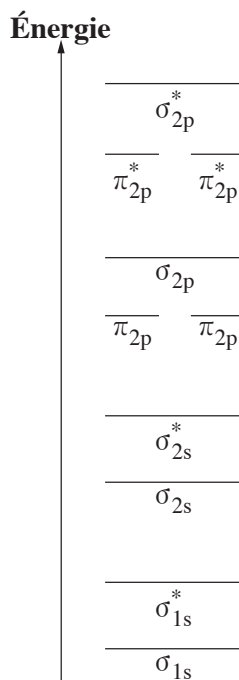
5. L'air de l'atmosphère terrestre est un mélange gazeux composé essentiellement d'azote, $N_{2(g)}$ (environ 80%). L'air contient également d'autres gaz, tels que l'hydrogène, $H_{2(g)}$ (environ 0,00005%).

א. i Donnez une représentation électronique de l'ion H_2^- .

ii Déterminez si l'ion H_2^- est plus stable ou moins stable que la molécule H_2 .
Justifiez.

ב. i Voici le diagramme des niveaux d'énergie de la molécule diatomique d'un élément de la deuxième rangée du tableau périodique.

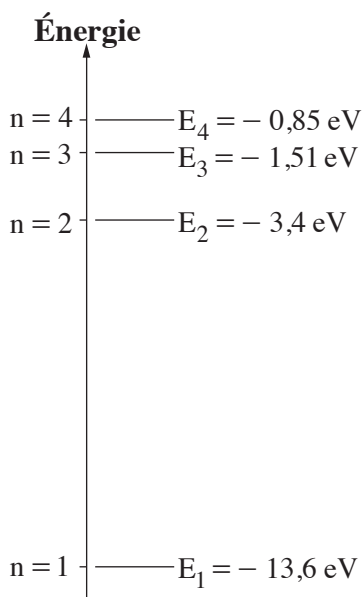
Recopier le diagramme dans votre cahier, puis inscrivez-y les flèches qui représentent le remplissage des électrons dans les orbitales de la molécule excitée d'azote, N_2^* .



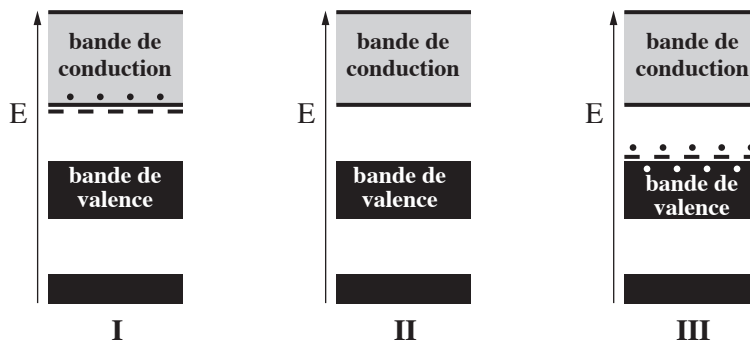
ii Indiquez sur le diagramme que vous avez tracé au sous-article ב i le niveau HOMO et le niveau LUMO.

/suite en page 11/

- ג. Le diagramme ci-dessous représente les quatre premiers niveaux d'énergie ($E_1 - E_4$) de l'atome d'hydrogène.



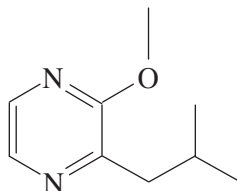
- i Calculez l'énergie de transition du niveau d'énergie E_1 au niveau d'énergie E_2 en joules (J) . Détaillez vos calculs.
- ii Déterminez si le poivron rouge absorbe le rayonnement émis lors de la transition entre les niveaux d'énergie $E_3 \rightarrow E_2$. Détaillez vos calculs puis justifiez.
7. Le silicium, $\text{Si}_{(s)}$, est un semi-conducteur.
- i Expliquez pourquoi la conductivité électrique d'un cristal de silicium pur est basse à température ambiante et élevée à haute température.
- ii Voici trois diagrammes énergétiques I , II , III . Faites correspondre à chacun de ces diagrammes l'une des descriptions suivantes :
- cristal de silicium pur
 - structure d'un semi-conducteur de type N
 - structure d'un semi-conducteur de type P



6. La question traite des boissons préparées à partir des grains de café.

א. Les grains de café vert contiennent, entre autres, une substance appelée IBMP.

Voici la représentation abrégée de la formule structurale des molécules de cette substance.

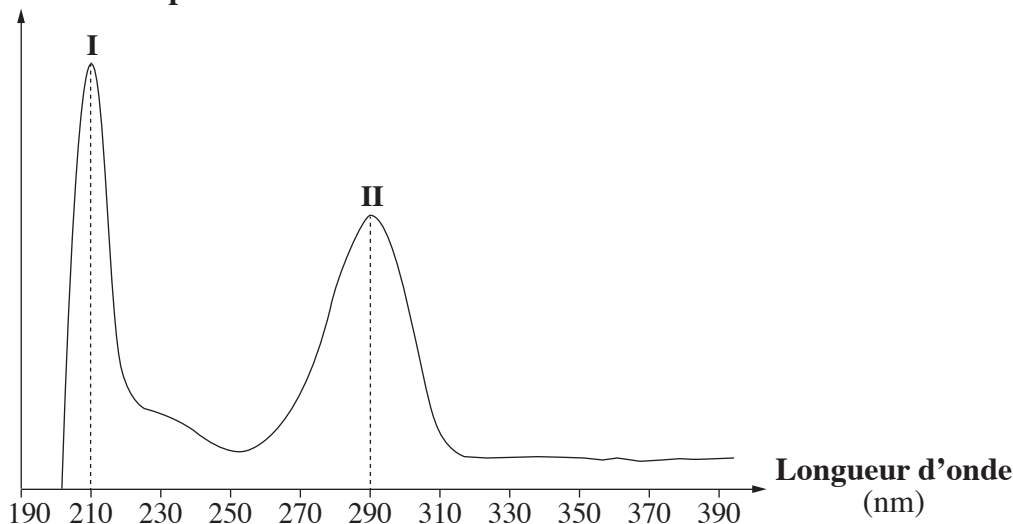


- Recopiez la formule dans votre cahier, puis entourez le chromophore.
- La couleur verte des grains de café n'est pas due au IBMP. Expliquez pourquoi.

Il existe des sortes de café auxquelles on ajoute des vitamines, comme les vitamines de type B , pour en améliorer la qualité.

Voici une portion du spectre d'absorption de la vitamine B6 .

Intensité de l'absorption



א. Le spectre d'absorption donné comporte deux absorptions d'intensité maximale. Dans l'intervalle de longueurs d'onde allant de 390 nm à 780 nm , qui n'est pas représenté dans le spectre donné, il n'existe pas d'absorption dont l'intensité soit significative.

- Déterminez pour laquelle des deux absorptions, I ou II , l'énergie du photon du rayonnement est la plus élevée. Justifiez sans calcul.
- D'après votre réponse au sous-article א i, calculez l'énergie du photon la plus grande. Détaillez vos calculs.
- Calculez la fréquence du rayonnement, correspondant au photon dont vous avez calculé l'énergie au sous-article א ii . Détaillez vos calculs.
- Déterminez si la fréquence du rayonnement, que vous avez calculée au sous-article א iii, est plus élevée ou plus basse que la fréquence du rayonnement de la couleur verte. Justifiez sans calcul.

/suite en page 13/

- ג. En vous aidant de la portion du spectre d'absorption de la vitamine B6 , déterminez si la vitamine B6 est une substance colorée ou incolore. Justifiez votre réponse.
- ד. Les médecins recommandent de ne pas boire trop de café.
L'une des raisons à cela est que le café inhibe l'absorption des ions de calcium, Ca^{2+} , dans le corps. Le corps a un besoin en ions de calcium, notamment pour la formation des os.
- Donnez le remplissage électronique d'un ion de calcium.
 - Voici un diagramme décrivant le dernier niveau d'une substance solide.



Ce diagramme ne décrit pas le dernier niveau d'énergie d'un cristal de calcium, $\text{Ca}_{(s)}$, comportant N atomes . Expliquez pourquoi.

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