



22126121

**CHIMIE**
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 3

Mercredi 9 mai 2012 (matin)

1 heure 15 minutes

Numéro de session du candidat

| | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0 | 0 | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|

Code de l'examen

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2 | 1 | 2 | - | 6 | 1 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

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 de deux des options.
- 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 [50 points].



0140

Option A — Chimie analytique moderne

A1. La spectroscopie d'absorption atomique (AA) peut servir à détecter de très petites quantités d'ions de métaux lourds dans des échantillons d'eau. Une chimiste analyste a utilisé la spectroscopie AA pour déterminer la concentration en ions cadmium et mercure dans un échantillon d'eau prélevé près d'une mine de zinc.

- (a) Résumez la principale modification que la chimiste analyste devra faire au spectromètre, après avoir mesuré l'absorbance due aux ions cadmium, avant de pouvoir mesurer l'absorbance due aux ions mercure.

[2]

| |
|-------|
| |
| |
| |
| |

(Suite de la question à la page suivante)



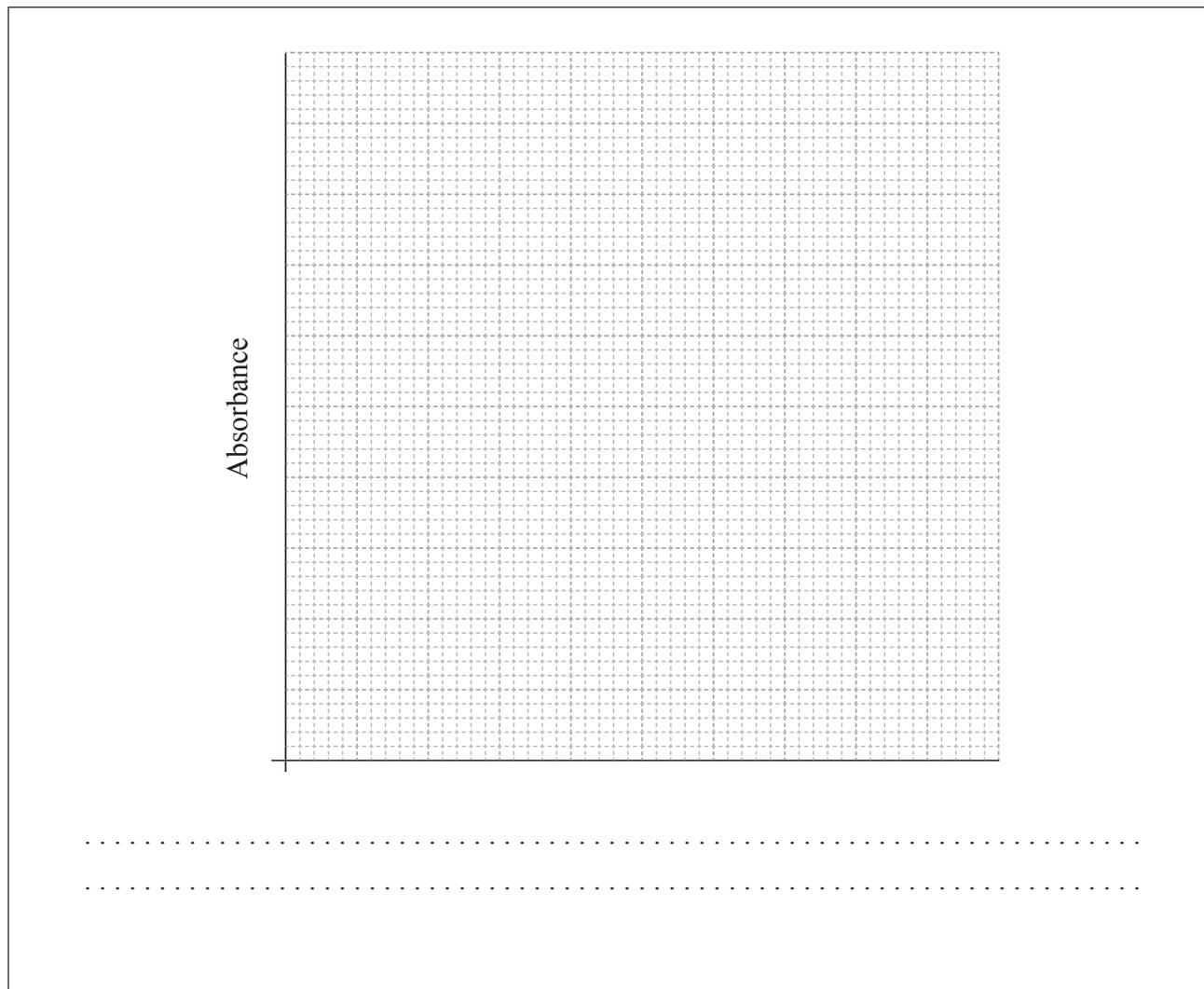
(Suite de la question A1)

- (b) La chimiste analyste a utilisé des solutions de cadmium de concentrations connues, afin de déterminer leur absorbance et elle a également trouvé l'absorbance de l'échantillon dans les mêmes conditions, ce qui lui a donné les résultats suivants.

| $[\text{Cd}^{2+}(\text{aq})] / \text{mg dm}^{-3}$ | Absorbance |
|---|------------|
| 0,00 | 0,00 |
| 0,10 | 0,21 |
| 0,20 | 0,43 |
| 0,30 | 0,65 |
| 0,40 | 0,87 |
| Échantillon de concentration inconnue | 0,78 |

Construisez une courbe de calibration et déterminez la concentration en ions cadmium dans l'échantillon d'eau prélevé près de la mine de zinc.

[3]



A2. L'alumine, Al_2O_3 , peut être utilisée comme phase stationnaire, à la fois en chromatographie sur couche mince (CCM) et en chromatographie sur colonne (CC). Un solvant comme la propanone peut servir de phase mobile.

- (a) Expliquez les fonctions de la phase stationnaire et de la phase mobile en chromatographie et expliquez leur rôle qui consiste à permettre de séparer un mélange en ses composants individuels. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Résumez comment un mélange contenant deux composants colorés différents peut être séparé **quantitativement** en ses deux composants purs à l'aide de la chromatographie sur colonne. Supposez que la colonne est remplie d'alumine et que la propanone est la phase mobile. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



- A3. (a) Déduisez le nombre de pics dans les spectres RMN¹H du 1-bromobutane et du 2-bromobutane. Expliquez comment la courbe d'intégration des pics peut être utilisée pour distinguer les deux composés. [3]

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

- (b) Le 2-bromo-2-méthylpropane est un autre isomère de structure de C₄H₉Br. Déduisez le nombre de pics et la multiplicité (dédoublément) des pics dans le spectre RMN¹H de cet isomère. [2]

Nombre de pics :
.....
.....
Multiplicité (dédoublément) des pics :
.....
.....

- (c) Résumez le principe à la base de l'imagerie de résonance magnétique (IRM) utilisée pour le diagnostic et la surveillance de maladies, comme le cancer chez les humains. [3]

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



- A4. (a) Les complexes des métaux de transition sont colorés parce que des transitions électroniques ont lieu entre des niveaux d'énergie d'orbitales d dédoublées. Identifiez **deux** facteurs différents qui influent sur la couleur des complexes d'un métal de transition spécifique. [2]

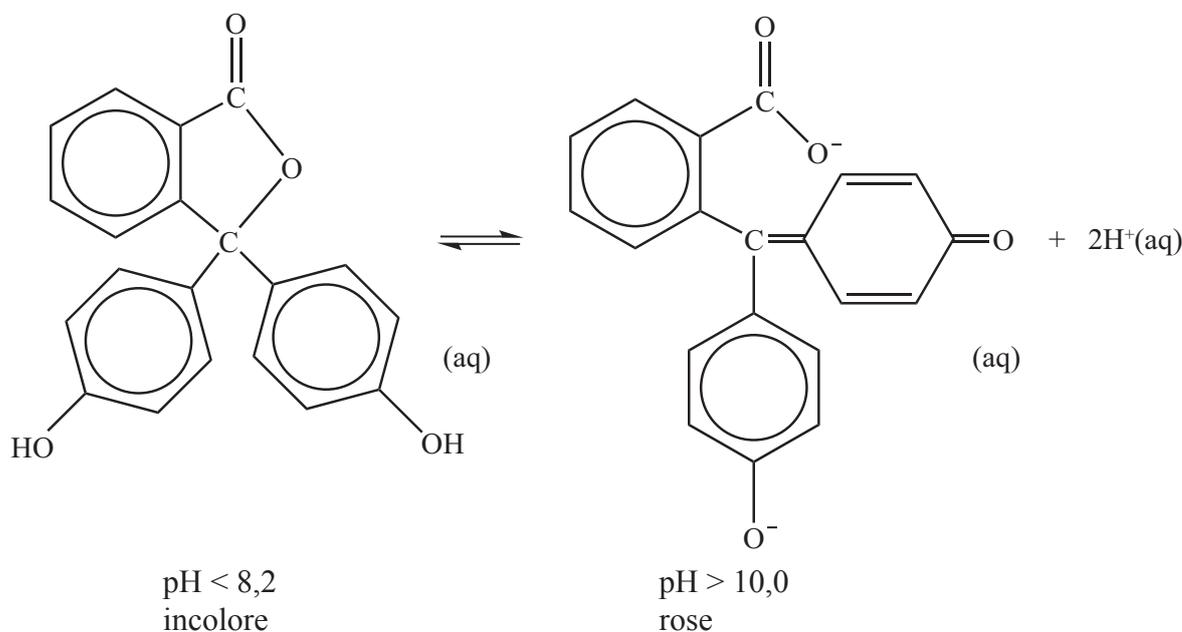
.....

.....

.....

.....

- (b) La phénolphtaléine est un indicateur incolore dans les solutions dont le pH est inférieur à 8,2, mais elle est rose dans des solutions dont le pH est supérieur à 10,0. La molécule se dissocie selon l'équation :



Expliquez, en termes de structures, pourquoi l'indicateur est incolore à pH < 8,2 et rose à pH > 10,0. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Option B — Biochimie humaine

B1. (a) Résumez la fonction générale des hormones dans l'organisme humain. [1]

.....
.....

(b) Décrivez **un** effet spécifique d'une quantité insuffisante de l'hormone thyroxine dans l'organisme humain. [1]

.....
.....

(c) L'œstradiol, la progestérone et la testostérone sont des hormones sexuelles. Leurs structures sont données au Tableau 21 du Recueil de Données.

Expliquez, en donnant les noms de leurs groupements fonctionnels, comment la structure de la testostérone diffère de celle de la progestérone. [2]

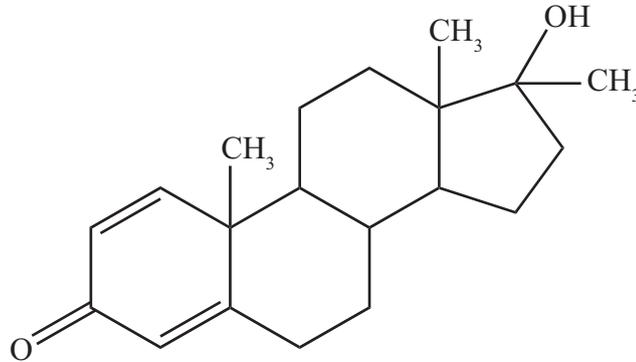
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (d) Afin d'accroître leur force musculaire et leur masse corporelle, certains athlètes ont abusé de stéroïdes. Une de ces substances est le dianabol (illustré ci-dessous) qui a une structure semblable à celle de la testostérone.



- (i) Décrivez comment la structure du dianabol diffère de celle de la testostérone. [1]

.....

.....

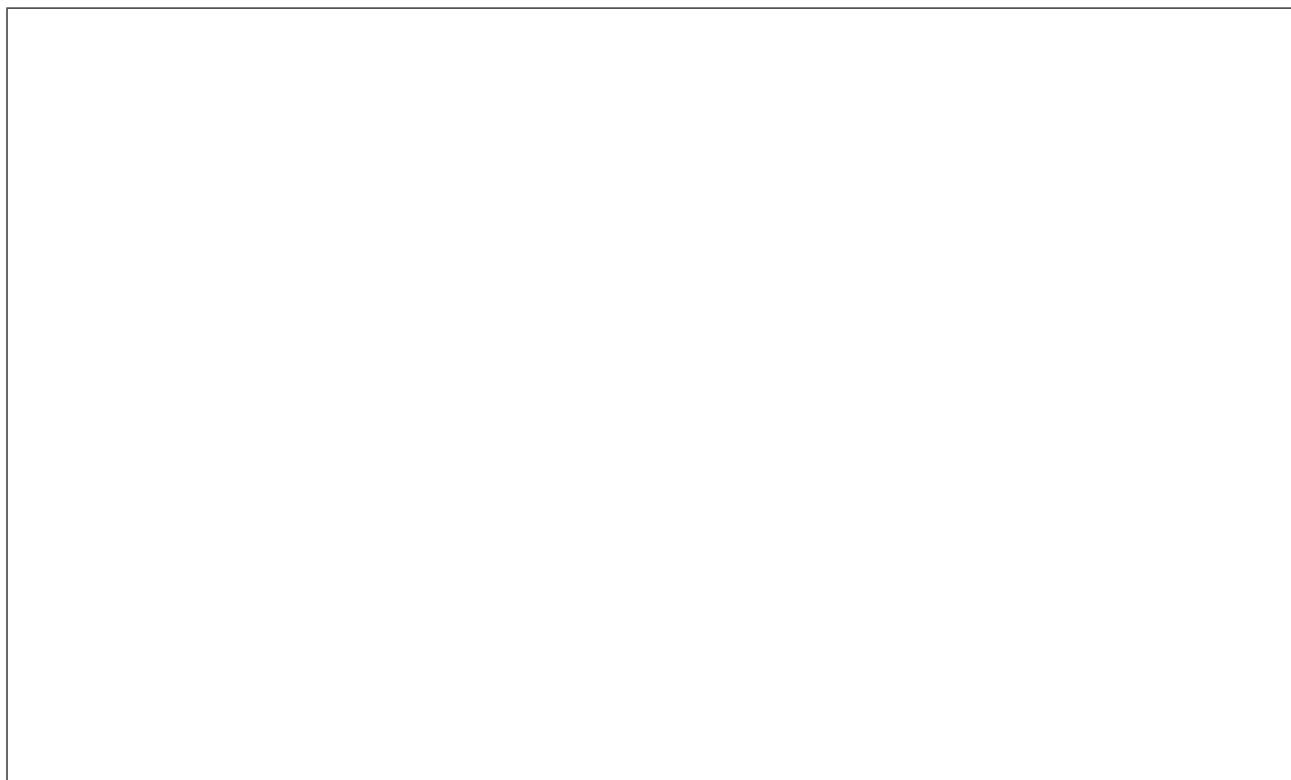
- (ii) Suggérez une raison pour laquelle les culturistes mâles qui prennent du dianabol peuvent développer des caractères féminins. [1]

.....

.....



- B2.** (a) La structure primaire des protéines décrit la manière dont les différents 2-aminoacides sont liés les uns aux autres en une chaîne linéaire. Dessinez les structures de **deux** dipeptides différents qui peuvent se former lorsque l’alanine réagit avec la sérine. (Les structures de l’alanine et de la sérine sont données au Tableau 19 du Recueil de Données.) [2]

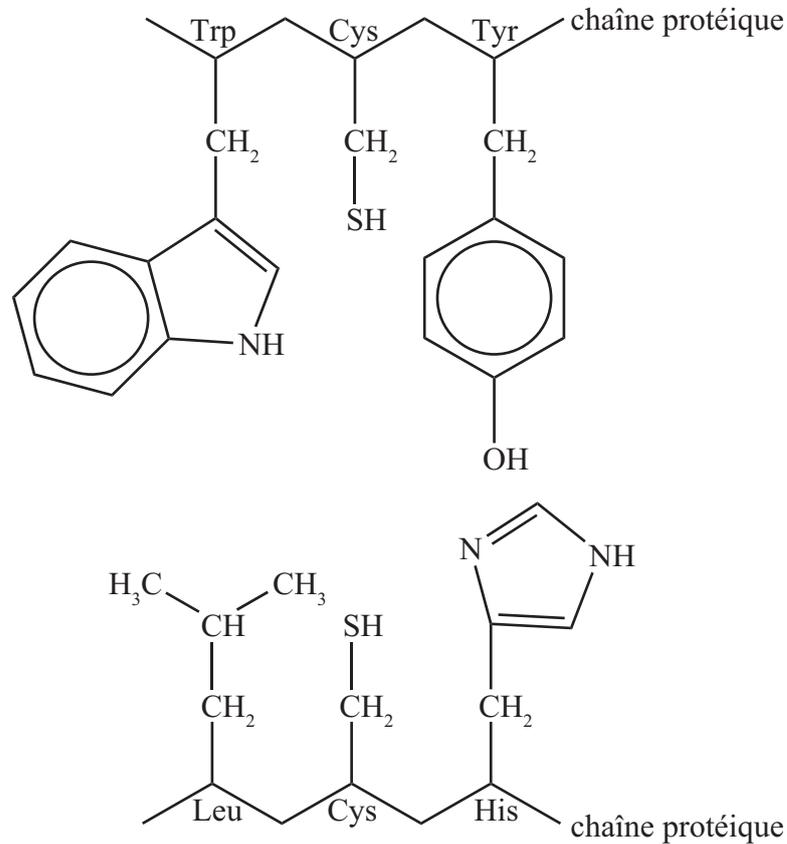


(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

- (b) La structure tertiaire des protéines décrit le repliement de l'ensemble des chaînes pour donner à la protéine sa forme tridimensionnelle. Ce sont les interactions entre les chaînes latérales de résidus d'acides aminés distants qui en sont responsables. Considérez les deux segments suivants d'une chaîne polypeptidique.



- (i) Déduisez le type d'interaction qui peut se produire entre les chaînes latérales de Trp et Leu, de Cys et Cys, et de Tyr et His. [3]

| | |
|-------------|-------|
| Trp et Leu: | |
| Cys et Cys: | |
| Tyr et His: | |

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

- (ii) Exprimez le nom d'un autre type d'interaction qui peut se produire entre les chaînes latérales de résidus d'acides aminés. [1]

.....

- (c) Décrivez la *structure quaternaire* des protéines. [1]

.....
.....

- (d) Résumez comment le fer dans l'hémoglobine transporte l'oxygène au cours du processus de la respiration. [2]

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



B3. (a) Exprimez et expliquez comment la vitesse d'une réaction catalysée par une enzyme est reliée à la concentration du substrat. [3]

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

(b) L'ajout d'un inhibiteur diminue la vitesse d'une réaction catalysée par une enzyme. Exprimez l'influence d'inhibiteurs compétitifs et non compétitifs sur la valeur de V_{max} . Expliquez cet effet en termes de site où l'inhibiteur se lie à l'enzyme. [4]

Inhibiteur compétitif :

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

Inhibiteur non compétitif :

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

(Suite de la question à la page suivante)

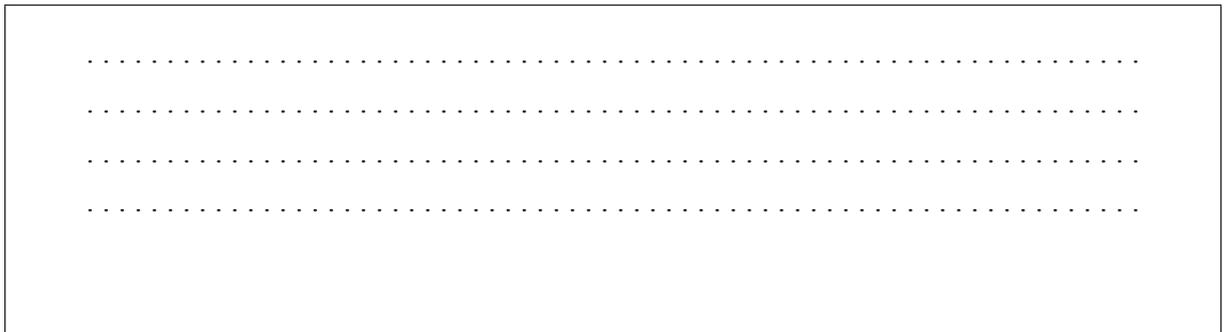


(Suite de la question B3)

- (c) (i) Esquissez un graphique pour montrer l'effet qu'une variation de pH aura sur la vitesse d'une réaction catalysée par une enzyme. [1]



- (ii) Expliquez pourquoi la variation de pH influe sur la capacité catalytique des enzymes. [2]



Option C — La chimie dans l'industrie et la technologie

C1. (a) La fonte produite dans un haut fourneau contient 4 à 5 % de carbone et des quantités moindres d'autres éléments, tels que le phosphore et le silicium. Elle peut être transformée en acier au moyen d'un convertisseur à oxygène.

(i) À l'exception de la fonte, de l'oxygène, et des différents métaux de transition, énumérez **deux** autres substances qui sont ajoutées au convertisseur à oxygène classique. [2]

.....
.....

(ii) Expliquez comment le phosphore et le silicium sont enlevés. [2]

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

(b) L'acier est un alliage de fer, de carbone et d'autres éléments métalliques et non métalliques. L'acier inoxydable contient environ 18 % de chrome et 8 % de nickel. Expliquez pourquoi le fer peut former des alliages avec d'autres métaux de transition. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question C1)

- (c) (i) Les propriétés des alliages peuvent être modifiées par un traitement thermique. Décrivez le procédé de recuit et exprimez comment il influe sur les propriétés de l'acier. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Exprimez comment les propriétés de l'acier sont influencées si l'acier est trempé après avoir été recuit. [1]

.....

.....



- C2. (a) On peut fabriquer une pile à combustible en utilisant comme électrolyte de l'hydroxyde de sodium aqueux avec des électrodes poreuses qui permettent le passage de l'eau, de l'hydrogène et de l'oxygène. Exprimez les équations des réactions qui ont lieu aux électrodes positive et négative. [2]

électrode (+) (cathode) :
.....
électrode (-) (anode) :
.....

- (b) On peut également générer de l'électricité à l'aide d'un accumulateur au plomb. L'électrolyte est une solution d'acide sulfurique et les électrodes sont fabriquées en plomb et en oxyde de plomb(IV). Exprimez les équations des réactions qui ont lieu aux électrodes positive et négative. [2]

électrode (+) (cathode) :
.....
électrode (-) (anode) :
.....

- (c) Les accumulateurs au plomb sont lourds. Les piles nickel-cadmium utilisées dans les équipements électroniques sont des piles rechargeables beaucoup plus légères.

À l'exception de leur composition chimique, discutez **deux** différences majeures entre les piles à combustible et les piles nickel-cadmium. [2]

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



C3. (a) Distinguez les cristaux liquides thermotropes et les cristaux liquides lyotropes. [2]

Thermotropes :

.....

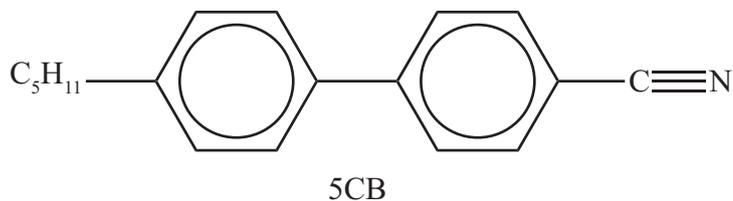
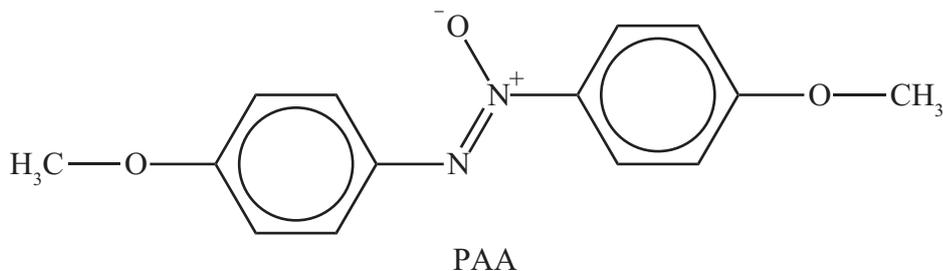
.....

Lyotropes :

.....

.....

(b) PAA (4-azoxydianisole) et 5CB (4-pentyl-4'-cyanobiphényle) sont les appellations courantes de deux substances qui peuvent être utilisées dans les cristaux liquides.



Discutez à l'échelle moléculaire **trois** facteurs différents qui expliquent leurs propriétés de cristaux liquides. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



Option D — Les médicaments et les drogues

D1. Chaque comprimé d'un antiacide de marque renommée contient 0,160 g d'hydroxyde d'aluminium et 0,105 g de carbonate de magnésium.

- (a) Exprimez séparément les équations des réactions de l'hydroxyde d'aluminium et du carbonate de magnésium avec l'acide chlorhydrique. [2]

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

- (b) Déterminez lequel des deux composants du comprimé neutralise le plus d'acide. [2]

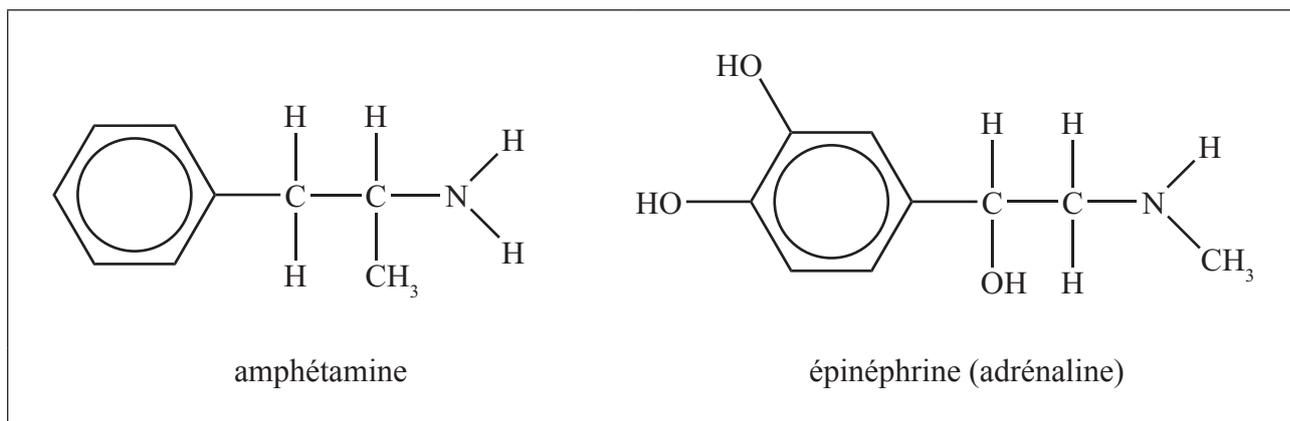
.....
.....
.....
.....

- (c) Les comprimés contiennent également de l'acide alginique et de l'hydrogénocarbonate de sodium. Le rôle de l'hydrogénocarbonate de sodium consiste à réagir avec l'acide alginique pour former de l'alginate de sodium. Exprimez le rôle de l'alginate de sodium produit. [1]

.....
.....



D2. L'amphétamine est un stimulant et elle est qualifiée de drogue sympathomimétique. Sa structure présente quelques similarités avec celle de l'épinéphrine (adrénaline).



(a) Expliquez la signification du terme *sympathomimétique*. [1]

.....

.....

(b) Déterminez si l'amphétamine et l'épinéphrine possèdent des atomes de carbone chiraux et légendez le(s) atome(s) chiral(aux) à l'aide d'un astérisque, *, dans les structures ci-dessus. [1]

(c) Discutez de l'importance de tester tous les énantiomères d'un médicament potentiel avant qu'il soit homologué pour une utilisation clinique. [2]

.....

.....

.....

.....

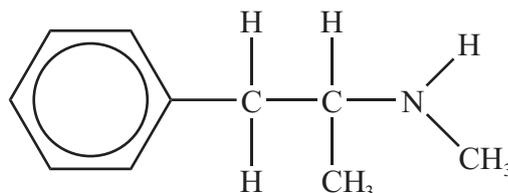
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question D2)

- (d) L'amphétamine et l'épinéphrine dérivent toutes deux de la structure de la phényléthylamine. Dessinez la structure de la phényléthylamine. [1]

- (e) La méthylamphétamine possède la structure suivante.



Le sulfate de méthylamphétamine est connu sous l'appellation courante de « speed ». Il est pris de façon illégale comme stimulant.

- (i) Suggérez une raison pour laquelle cette drogue est prise sous forme de son sel sulfate, plutôt que sous forme de méthylamphétamine pure. [1]

.....

.....

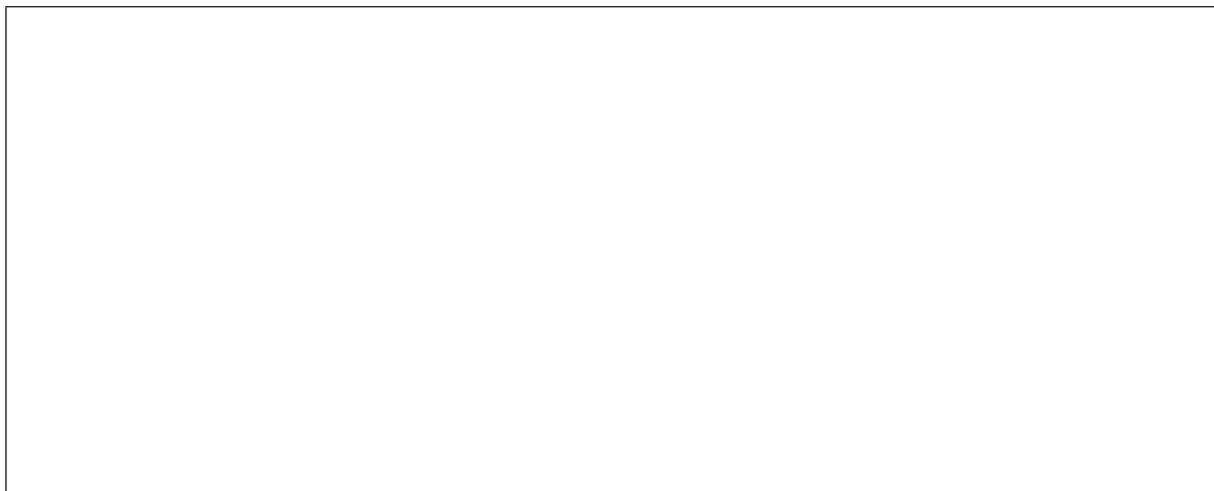
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question D2)

(ii) Dessinez la structure de l'ion méthylamphétamine.

[1]



D3. La découverte de la pénicilline par Alexander Fleming en 1928 est souvent présentée comme un exemple de heureux hasard dans les découvertes scientifiques.

(a) Décrivez l'événement fortuit qui a conduit à la découverte de la pénicilline par Alexander Fleming. [1]

.....
.....

(b) Résumez les travaux de développement de la pénicilline par Florey et Chain. [3]

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

(c) Décrivez ce qui arrive aux bactéries lorsqu'elles viennent en contact avec la pénicilline. [2]

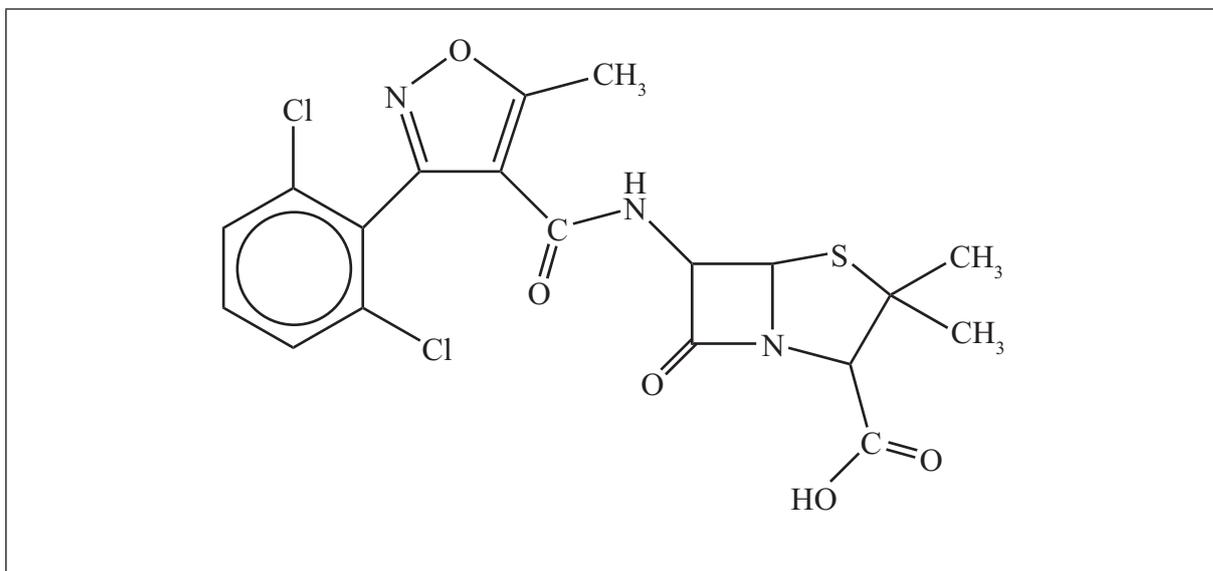
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question D3)

- (d) La structure d'un type particulier de pénicilline, appelé dicloxacilline, est illustrée ci-dessous.



- (i) Identifiez le cycle β -lactame en l'entourant d'un cercle. [1]
- (ii) Expliquez pourquoi le cycle β -lactame est si important dans le mécanisme d'action de la pénicilline. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

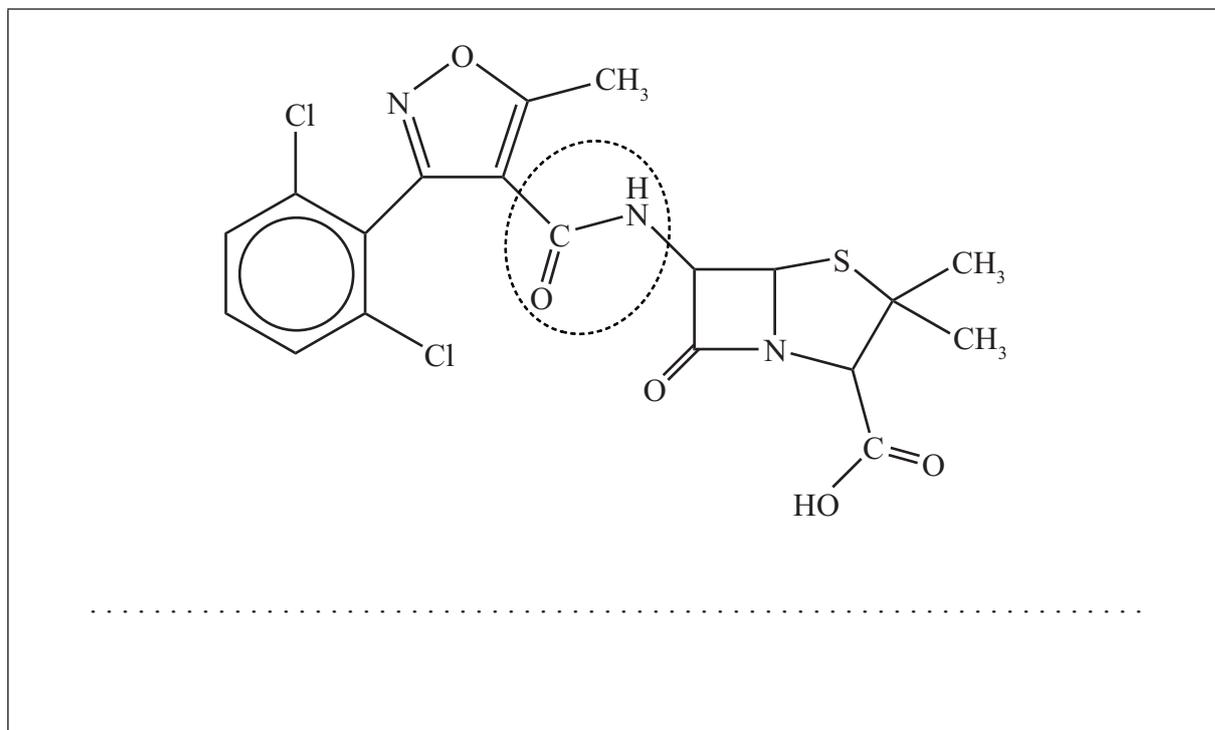
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question D3)

(iii) Exprimez le nom du groupement fonctionnel encerclé dans la dicloxacilline ci-dessous. [1]



(e) Commentez le fait que de nombreuses bactéries sont maintenant résistantes à la pénicilline. [2]

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



Option E — Chimie de l'environnement

E1. Les convertisseurs catalytiques sont installés sur les autos pour transformer les gaz d'échappement polluants en gaz moins nocifs.

- (a) Décrivez comment la combustion de l'essence dans un moteur à combustion interne produit du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote. [2]

Monoxyde de carbone :

.....

.....

Oxydes d'azote :

.....

.....

- (b) À l'exception du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, et des oxydes d'azote, exprimez **un** autre gaz polluant émis par un moteur à combustion interne. [1]

.....

- (c) Identifiez **une** substance utilisée comme catalyseur dans un convertisseur catalytique et déduisez l'équation de la réaction qui a lieu entre le monoxyde de carbone et l'oxyde d'azote(II) à l'intérieur du convertisseur catalytique. [3]

Substance :

.....

Équation :

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)

- (d) Évaluez les effets d'un changement du rapport air-combustible dans le moteur à combustion interne. [2]

.....

.....

.....

.....

- E2. Discutez de la pollution des sols, de l'épuisement des nutriments et de la salinisation comme causes de la dégradation des sols. Dans chaque cas, expliquez à quoi sont dûs ces phénomènes et comment ils dégradent le sol. [6]

Pollution des sols :

.....

.....

.....

.....

Épuisement des nutriments :

.....

.....

.....

.....

Salinisation :

.....

.....

.....

.....



E3. (a) Expliquez, en termes de leurs liaisons, comment la présence d'oxygène et d'ozone dans la couche d'ozone aide à empêcher la lumière UV d'énergie élevée et d'énergie faible d'atteindre la surface de la Terre. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) On s'inquiète du fait que les oxydes d'azote libérés par les avions à réaction volant à haute altitude puissent diminuer la quantité d'ozone dans la couche d'ozone. Décrivez, à l'aide d'équations, les mécanismes de la destruction catalytique de l'ozone par l'oxyde d'azote(IV), NO₂. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(c) Résumez pourquoi la diminution de l'ozone au-dessus des régions polaires est plus importante au début du printemps. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E3)

- (d) L'ozone peut également se former comme polluant secondaire dans la couche basse de l'atmosphère dans les brouillards photochimiques (smog). Les brouillards photochimiques se produisent généralement dans les villes en forme de cuvettes. Énumérez **deux** conditions nécessaires pour que le brouillard photochimique se forme à partir de polluants primaires.

[2]

.....

.....

.....

.....



Option F — Chimie alimentaire

F1. Certains aliments contiennent des antioxydants naturels qui aident à prolonger leur durée de conservation.

(a) Expliquez le sens du terme *durée de conservation*. [1]

.....
.....

(b) La durée de conservation des poissons gras diminue à l'exposition à la lumière.

(i) Identifiez la caractéristique chimique dans l'huile des poissons qui est sujette à la photo-oxydation. [1]

.....
.....

(ii) Exprimez le terme spécifique donné à l'aliment qui est impropre à la consommation sous l'effet de la photo-oxydation. [1]

.....

(iii) Suggérez comment la lumière initie ce processus. [1]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

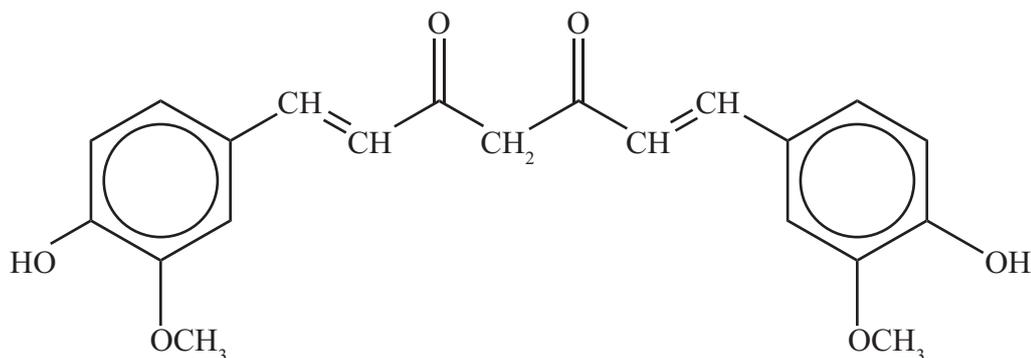


(Suite de la question F1)

- (c) Le composé 3-BHA est un antioxydant synthétique ajouté à certains aliments. La structure du 3-BHA est donnée au Tableau 22 du Recueil de Données. Identifiez **deux** caractéristiques de sa structure qui sont responsables de ses propriétés d'antioxydant. [2]

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

- (d) Certains aliments contiennent une épice jaune appelée curcuma. L'ingrédient actif dans le curcuma est la curcumine, illustrée ci-dessous.



Suggérez quelle caractéristique structurale de la curcumine est responsable de l'allongement de la durée de conservation de tels aliments. [1]

.....
.....



F2. Les graisses et les huiles présentent certaines similarités et certaines différences dans leurs structures chimiques.

(a) Exprimez **deux** différences importantes de leurs structures.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Décrivez comment une huile peut être transformée en graisse.

[2]

.....

.....

.....

.....

(c) Discutez **deux** avantages et **deux** inconvénients de la transformation des huiles en graisses.

[4]

Avantages :

.....

.....

.....

.....

Inconvénients :

.....

.....

.....

.....



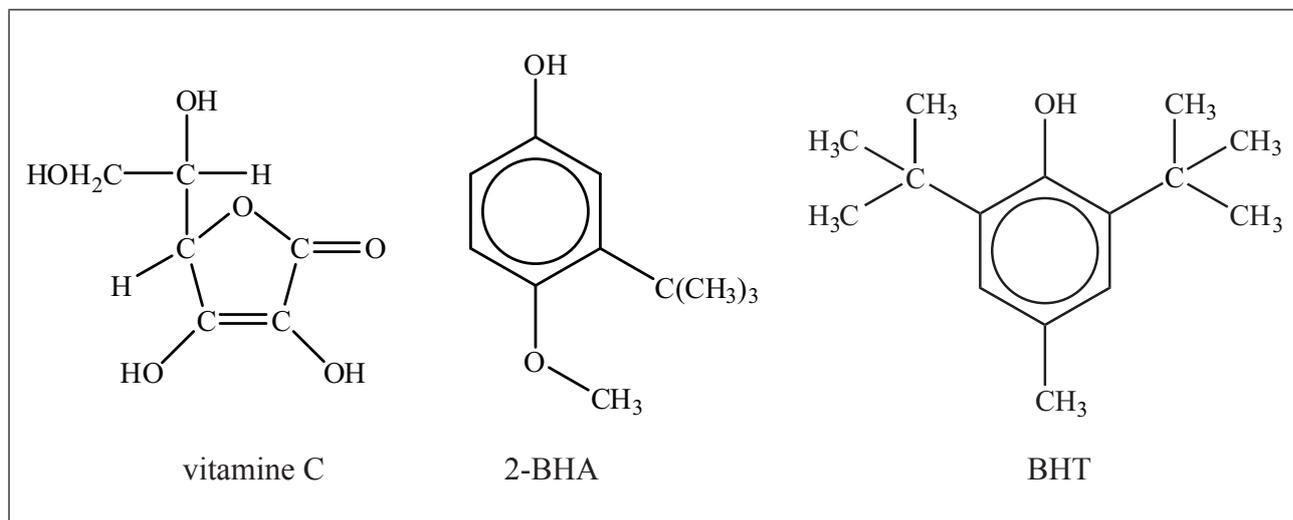
F3. Le chimiste américain Linus Pauling, qui a obtenu deux prix Nobel, a fait la promotion de la vitamine C comme moyen de prévention du rhume. Une des fonctions de la vitamine C dans l'organisme est d'agir comme antioxydant. Au cours du processus, l'acide ascorbique, $C_6H_8O_6$, est converti en acide déhydroascorbique, $C_6H_6O_6$.

(a) Déduisez la demi-équation pour montrer comment la vitamine C agit comme antioxydant. [2]

.....

.....

(b) Les structures de la vitamine C et des agents de conservation 2-BHA et BHT sont illustrées ci-dessous.



Déterminez les atomes de carbone chiraux dans ces trois composés en plaçant un astérisque, *, à côté de chacun. [2]

(c) Les acides aminés peuvent exister dans les formes $+(d)$ et $-(l)$. Décrivez comment la forme $+(d)$ de l'alanine, $H_2NCH(CH_3)COOH$, diffère de la forme $-(l)$ dans ses propriétés physiques. [1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F3)

- (d) Expliquez la convention D et L pour décrire les acides aminés et dessinez la forme D de l'alanine pour montrer clairement sa structure tridimensionnelle. [3]

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

- (e) Identifiez **une** substance dont les énantiomères ont des goûts ou des odeurs différents et décrivez ces goûts ou odeurs. [2]

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



Option G — Complément de chimie organique

G1. Le propan-2-ol est un alcool secondaire. Il peut subir des réactions d'élimination et d'oxydation.

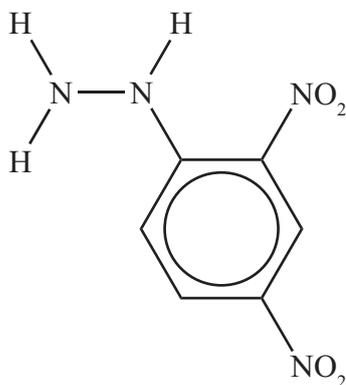
- (a) En présence d'un catalyseur acide, le propan-2-ol peut réagir pour donner un alcène. Expliquez le mécanisme de cette réaction en vous servant de flèches courbes pour représenter le mouvement des paires électroniques. [4]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G1)

- (b) Le propan-2-ol peut être oxydé par une solution acide de dichromate de potassium(VI) pour former la propanone. On peut identifier ce produit en le faisant réagir avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine (illustrée ci-dessous) pour donner un solide cristallin ayant un point de fusion caractéristique.



- (i) Exprimez le type de réaction qui a lieu quand la propanone réagit avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine. [1]

.....

- (ii) Exprimez la formule structurale du composé organique formé lorsque la propanone réagit avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine. [1]



G2. Le nombre d'atomes de carbone dans une cétone peut être augmenté en la faisant réagir avec du cyanure d'hydrogène.

(a) Exprimez le nom donné au type de réaction qui a lieu quand la propanone réagit avec le cyanure d'hydrogène. [1]

.....

(b) Exprimez comment le produit de la réaction ci-dessus peut-être transformé en acide 2-hydroxy-2-méthylpropanoïque. [1]

.....
.....

(c) Résumez comment l'acide butanoïque pourrait être synthétisé à partir du 1-bromopropane et du magnésium métallique. [3]

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



G3. (a) Le benzène et le méthylbenzène peuvent réagir tous les deux avec le chlore en présence de chlorure d'aluminium. Le benzène forme le chlorobenzène et le méthylbenzène forme un mélange de 1-chloro-2-méthylbenzène et de 1-chloro-4-méthylbenzène comme produits organiques principaux.

(i) Décrivez, à l'aide d'équations et de flèches courbes pour représenter le mouvement des paires électroniques, le mécanisme de la réaction de chloration du benzène pour former le chlorobenzène. [3]

(ii) Expliquez pourquoi le méthylbenzène réagit plus facilement que le benzène avec le chlore en présence de chlorure d'aluminium. [2]

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G3)

- (iii) Expliquez pourquoi le groupement méthyle dans le méthylbenzène a un effet d'orientation en position 2 et 4. [2]

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

- (b) Le phénol, C_6H_5OH , réagit également avec le chlore, mais la présence de chlorure d'aluminium n'est pas nécessaire pour que la réaction se produise.

- (i) Exprimez l'équation de la réaction du phénol avec le chlore et exprimez le nom du produit organique selon les règles de l'UICPA. [2]

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

- (ii) Expliquez pourquoi la présence de chlorure d'aluminium n'est pas nécessaire. [2]

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



G4. Les valeurs de pK_a de l'éthanol, du phénol et du 2,4,6-trinitrophénol sont données au Tableau 15 du Recueil de Données.

(a) Expliquez pourquoi le phénol est plus acide que l'éthanol. [2]

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

(b) Expliquez pourquoi le 2,4,6-trinitrophénol est plus acide que le phénol. [1]

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

