Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
BIOTECHNOLOGIES

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SESSION 2016

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **2h**

COEFFICIENT : **1**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Matériel autorisé :
Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 9 pages, numérotées de 1 sur 9 à 9 sur 9.

Les données sont en italique.
Les données numériques sont indiquées dans chaque exercice.

La correction de l'épreuve tiendra le plus grand compte de la clarté dans la conduite de la résolution et dans la rédaction de l'énoncé des lois, de la compatibilité de la précision des résultats numériques avec celle des données de l'énoncé (nombre de chiffres significatifs), du soin apporté aux représentations graphiques éventuelles et de la qualité de la langue française dans son emploi scientifique.

I. ITER, UNE ÉNERGIE POUR NOTRE AVENIR (15 points)

Les deux parties de l'exercice sont indépendantes.

Le programme ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) à Cadarache, est un projet qui rassemble les États-Unis, l'Union européenne (UE), la Corée, l'Inde, la Chine, la Russie et le Japon. La phase d'exploitation est officiellement programmée de 2022 à 2042.
ITER a pour ambition de construire le premier réacteur de fusion qui puisse fournir plus d'énergie qu'il n'en consomme. Pour cela il faut reproduire les réactions nucléaires de fusion qui se produisent à l'intérieur des étoiles. Dans le cadre d'ITER, il s'agit de tester la fusion de deux atomes légers : le deutérium et le tritium, deux isotopes de l'hydrogène.

Source : d'après www.iter.org

Données :

- *unité de masse atomique* $1u = 1{,}66054 \times 10^{-27}\ kg$
- *célérité de la lumière dans le vide* $c = 2{,}998 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$
- *constante d'Avogadro* $N_A = 6{,}023 \times 10^{23}\ mol^{-1}$
- *méga-électon-volt* $1\ MeV = 1{,}602 \times 10^{-13}\ J$
- *dans le système international d'unités la puissance s'exprime en watt (W)*
- mégawatt $1\ MW = 1 \times 10^{6}\ W$
- *l'énergie correspondant au fonctionnement pendant une durée Δt d'un dispositif de puissance P se calcule grâce à la relation : E = P. Δt avec E en joule (J), Δt en seconde (s), P en watt (W).*

	Neutron	*Hélium*	*Deutérium*	*Tritium*
Symbole du noyau ou de la particule	${}^{1}_{0}n$	${}^{4}_{2}He$	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$
Masse en unité de masse atomique (u)	*1,00866*	*4,00150*	*2,01355*	*3,01550*
Masse molaire (en $g.mol^{-1}$)	*1,09*	*4,00*	*2,01*	*3,02*

1. Autour du tritium

À la différence du deutérium, le tritium est radioactif. Il émet un rayonnement β^- de faible énergie. Sa demi-vie (ou période) est de 12,3 ans. Il est très rare à l'état naturel.

1.1. Donner la composition du noyau de tritium.

1.2. Indiquer la nature de la particule β^-.

1.3. Écrire l'équation de la désintégration du tritium ${}^{3}_{1}H$, *sachant qu'il se forme un isotope de l'hélium* ${}^{3}_{2}He$. Citer les lois utilisées.

1.4. Définir le temps de demi-vie (ou période) $t_{1/2}$ d'un échantillon de noyaux radioactifs.

1.5. *La constante radioactive du tritium vaut $\lambda = 5{,}62 \times 10^{-2}\ an^{-1}$.*
À partir de la valeur de la constante radioactive, retrouver la valeur du temps de demi-vie (ou période) $t_{1/2}$ donnée dans le texte. La démonstration de la relation utilisée n'est pas demandée.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

2. Étude de la réaction de fusion

La réaction de fusion mise en œuvre dans le projet ITER entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium est :

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

2.1. Donner l'expression littérale de la variation de masse (Δm) au cours de cette réaction de fusion. Calculer sa valeur en unité de masse atomique (u) puis en kilogramme (kg).

2.2. Exprimer littéralement l'expression de l'énergie E_1 produite par cette réaction de fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium.
Calculer sa valeur en MeV.

2.3. *Le réacteur ITER ne produira pas d'électricité. Un des principaux objectifs techniques est de démontrer que l'on peut atteindre une puissance de l'ordre de 500 MW pendant plusieurs centaines de secondes, à partir d'une puissance fournie pour faire fonctionner le dispositif dix fois plus faible.*
Montrer que le fonctionnement du réacteur pendant *400 secondes à la puissance de 500 MW libère une énergie E_2 qui vaut $1{,}25 \times 10^{24}$ MeV*.

2.4. Calculer le nombre de noyaux de tritium nécessaires pour obtenir cette énergie libérée.

2.5. En déduire la masse de tritium nécessaire, exprimée en kilogramme.

2.6. « *Les réactifs dont le tritium (radioactif) sont utilisés en faibles quantités, surtout par comparaison avec les tonnes d'uranium des réacteurs à fission, […] qui génèrent des produits de fission radioactifs. Les produits de la fusion, obtenus en faibles quantités, sont des neutrons et des noyaux d'hélium.* »

Source : d'après www.energethique.com

Indiquer si *l'appellation de réacteur « propre » concernant la contamination radioactive*, est correcte.

II. OXYDE ET HYDROXYDE DE MAGNÉSIUM : THERMOCHIMIE ET SOLUBILITÉ (18 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Décomposition du carbonate de magnésium

Le carbonate de magnésium $MgCO_3$ (s) est un solide de couleur blanche, qui se trouve à l'état minéral dans la nature. C'est le composant d'une roche appelée magnésite. Sous forme de poudre, le carbonate de magnésium est utilisé comme anti-transpirant dans de nombreux sports (haltérophilie, saut à la perche,…). Il est improprement appelé magnésie.
Chauffé à plus de 800 °C, le carbonate de magnésium se décompose en oxyde de magnésium solide et en dioxyde de carbone gazeux selon la réaction d'équation :

$$MgCO_3\ (s) \rightleftharpoons MgO\ (s) + CO_2\ (g)$$

On donne dans le tableau ci-dessous les valeurs à 298 K des enthalpies standard de formation $\Delta_f H^0_{298}$ et des entropies molaires standard $S^0_{m,298}$ des espèces chimiques intervenant dans l'équation de réaction ci-dessus.

	$\Delta_f H^0_{298}$ en kJ.mol^{-1}	$S^0_{m,298}$ en J.K^{-1}.mol^{-1}
$MgCO_3$ (s)	- 1095,8	65,8
MgO (s)	- 601,6	26,9
CO_2 (g)	- 393,5	213,6

Contante des gaz parfaits : R = 8,31 J.K^{-1}. mol^{-1}

Reproduction interdite aux sujets d'Examens de l'enseignement public et professionnel
Réseau Canopé

1.1. Enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0_{298}$ relative à cette réaction à *298 K :*

1.1.1. Exprimer littéralement l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0_{298}$ relative à cette réaction à *298 K*.

1.1.2. Calculer sa valeur. La réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Justifier.

1.2. Entropie standard de réaction $\Delta_r S^0_{298}$ relative à cette réaction à *298 K :*

1.2.1. Exprimer littéralement l'entropie standard de réaction $\Delta_r S^0_{298}$ relative à cette réaction à *298 K*.

1.2.2. Calculer sa valeur. Son signe était-il prévisible ? Justifier.

1.3. Enthalpie libre standard $\Delta_r G^0_{298}$ relative à cette réaction à *298 K et constante d'équilibre :*

1.3.1. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K^0 de cette réaction à *298 K*. Indiquer si la réaction est favorisée à *298 K*. Justifier.

1.3.2. Commenter le choix de températures supérieures à 800 °C pour réaliser cette transformation.

2. Étude de la solubilité de l'hydroxyde de magnésium

L'hydroxyde de magnésium est un composé inorganique de formule $Mg(OH)_2$. Cette base se présente sous la forme d'une poudre pratiquement insoluble dans l'eau. Le « lait de magnésie » est une suspension d'hydroxyde de magnésium dans sa solution saturée, d'aspect laiteux. Sa forme minérale naturelle est connue sous le nom de brucite. L'hydroxyde de magnésium est utilisé lors de thérapies comme antiacide (pour calmer les brûlures d'estomac) et comme laxatif.

Le pH d'une solution aqueuse de lait de magnésie vaut 10,5 à 25 °C.
Produit ionique de l'eau à 25 °C : $K_e = [HO^-(aq)].[H_3O^+(aq)] = 10^{-14}$

2.1. Déterminer la concentration molaire des ions $H_3O^+(aq)$ et $HO^-(aq)$ présents dans cette solution aqueuse de lait de magnésie.

2.2. Écrire l'équation de réaction de dissolution de l'hydroxyde de magnésium solide dans l'eau. En déduire que la concentration en ions $Mg^{2+}(aq)$ dans ce lait de magnésie est de $1{,}58 \times 10^{-4}$ *mol.L*$^{-1}$.

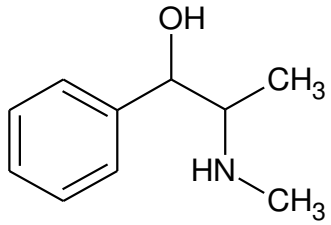
2.3. En déduire une valeur du produit de solubilité K_S de l'hydroxyde de magnésium.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

III. CHIMIE ORGANIQUE (17 points)

L'exercice comprend trois parties indépendantes les unes des autres.

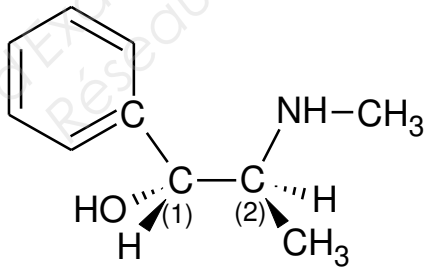
L'éphédrine est un médicament qui a longtemps été utilisé comme décongestionnant nasal (effet vasoconstricteur). Sous contrôle médical, elle est encore utilisée pour lutter contre l'hypotension. L'herbe chinoise Ma Huang (Ephedra sinica) contient de l'éphédrine, dont la formule topologique est donnée ci-dessous :



La structure chimique de l'éphédrine est proche de celle de la molécule d'adrénaline, ce qui explique que certaines personnes en font un usage détourné (dopant, stimulant), avec des risques de graves complications telles qu'un accident vasculaire cérébral ou un infarctus du myocarde…
Une synthèse multi-étapes de l'éphédrine est possible à partir du benzène. Un des composés intermédiairement formés est la propiophénone.

<u>Partie 1</u> : aspect stéréochimique de la molécule d'éphédrine

Une représentation de Cram de la molécule d'éphédrine (forme lévogyre) est donnée ci-dessous :



1. Reproduire la molécule d'éphédrine sur votre copie puis repérer le ou les atome(s) de carbone asymétrique(s) par un astérisque *. Expliquer.
2. Indiquer le nombre de stéréo-isomères de l'éphédrine. Expliquer.
3. L'atome de carbone (1) a la configuration absolue (R). Déterminer la configuration absolue (R ou S) de l'atome de carbone (2). Expliquer brièvement.

<u>Données</u> :

Numéros atomiques :

Élément chimique	*H*	*C*	*N*	*0*
Numéro atomique Z	*1*	*6*	*7*	*8*

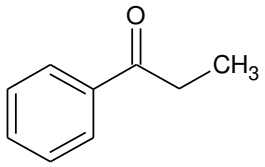
4. *Parmi les stéréo-isomères de l'éphédrine, on trouve la (1R,2R) - pseudoéphédrine. Les effets sur l'organisme de la (1R,2R) - pseudoéphédrine sont moins prononcés que ceux de l'éphédrine, car nos récepteurs biochimiques sont sensibles à la stéréochimie des molécules.*

Les molécules d'éphédrine et de pseudoéphédrine sont-elles des énantiomères ? Expliquer.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Partie 2 : spectroscopies

La formule de la propiophénone obtenue dans la première étape de synthèse de l'éphédrine est donnée ci-dessous :



Les spectres RMN (du proton ^1H à 300 MHz) du benzène et de la propiophénone, ainsi que le tableau des déplacements chimiques sont donnés en annexe 1 page 7.
Le nombre de protons correspondant à un signal (résultat de la courbe d'intégration) est indiqué, pour certains d'entre eux, entre parenthèses.

Le spectre IR (infrarouge) de la propiophénone est donné en annexe 2 page 8. La table des nombres d'onde des vibrations de valence et de déformation est donnée en annexe 3 page 9.

1. Identifier chacun des spectres RMN. Justifier très simplement.
2. Sur le spectre n°2, justifier brièvement la présence d'un *quadruplet vers 3 ppm et d'un triplet vers 1 ppm*.
3. *Dans le spectre IR de la propiophénone en feuille annexe 2 page 8,* expliquer à quoi est due la bande d'absorption située vers 1700 cm^{-1} (liaison concernée et nature de la vibration).

Partie 3 : formation de la propiophénone

La molécule d'éphédrine peut être produite par une synthèse organique dont la première étape correspond à une réaction entre le benzène C_6H_6 et le chlorure de propanoyle CH_3-CH_2-$COCl$ en présence de trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ (catalyseur). Le symbole □ désigne une lacune électronique.

1. Écrire la formule de Lewis du chlorure de propanoyle.

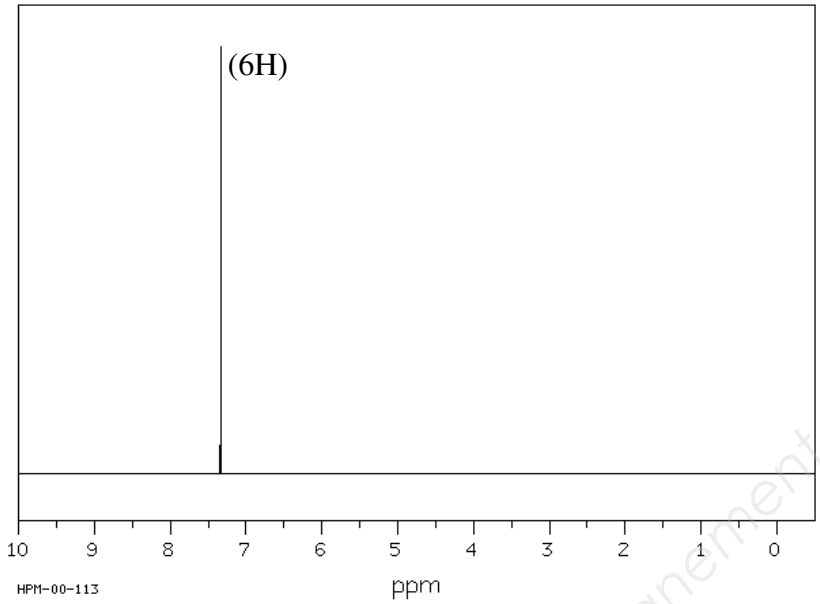
2. *Une espèce électrophile se forme par réaction du chlorure de propanoyle CH_3-CH_2-$COCl$ avec le trichlorure d'aluminium $AlCl_3$.*
   Écrire la formule de cette espèce électrophile. Expliquer son mode de formation en écrivant le mécanisme correspondant, avec le formalisme des flèches courbes.

3. Écrire le mécanisme réactionnel de formation de *la molécule de propiophénone (1- phénylpropan-1-one en nomenclature officielle)* par action sur le benzène de l'espèce électrophile formée.

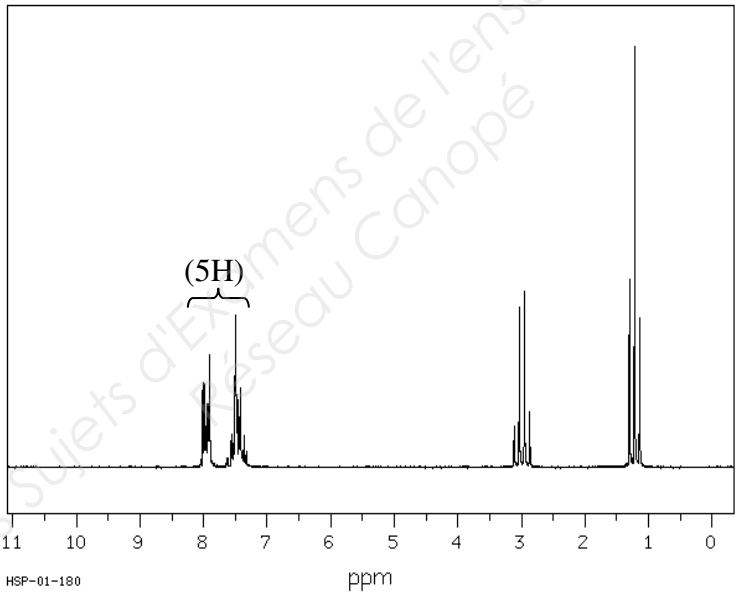
4. Comment s'appelle la réaction étudiée ici ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

ANNEXE 1

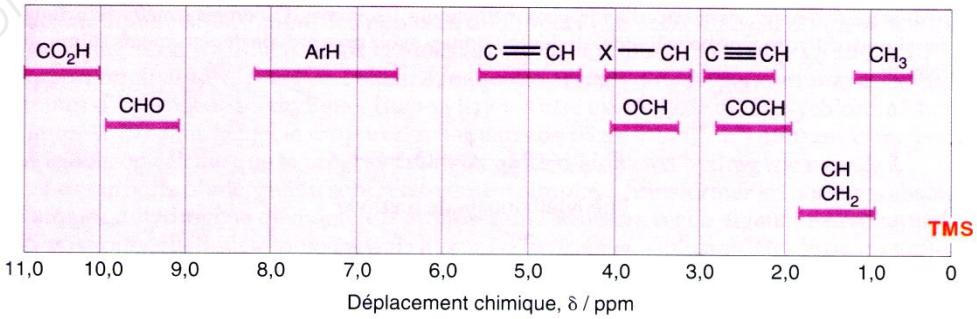


Spectre 1



Spectre 2

RMN ^{1}H

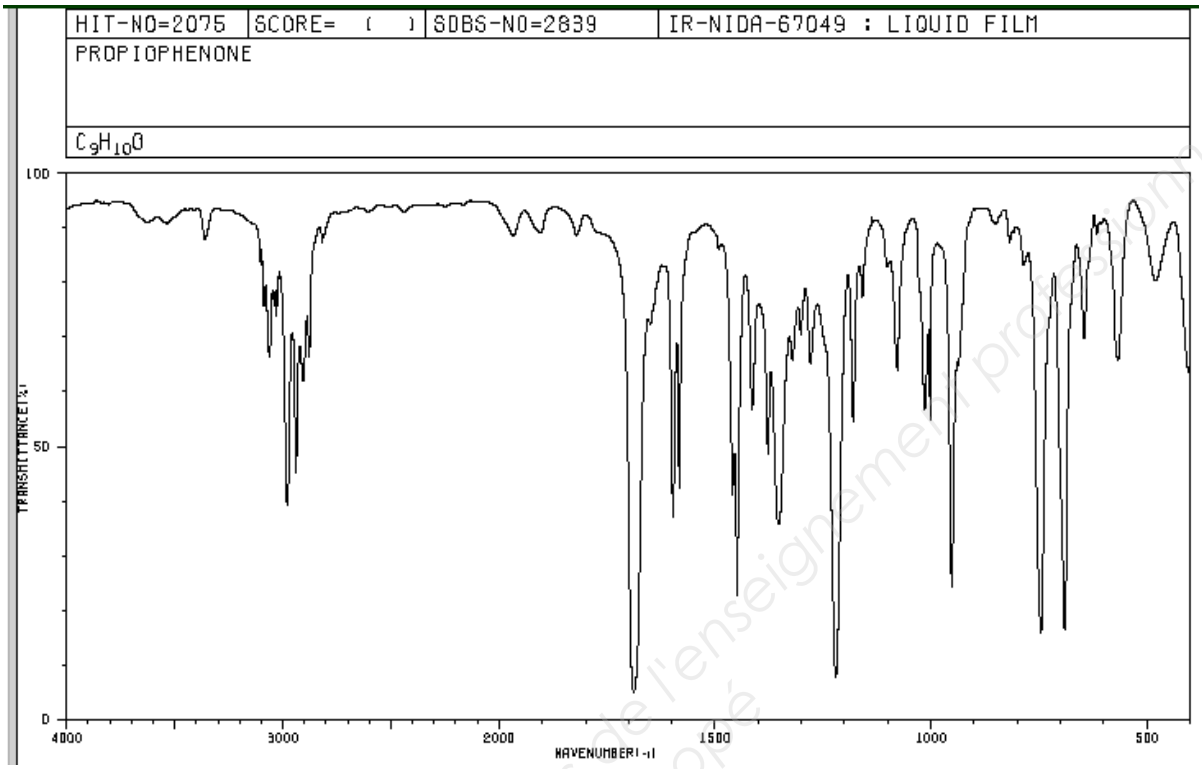


D'après « Invitation à la chimie organique », Johnson (De Boeck)

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

ANNEXE 2

Spectre IR (infrarouge) de la propiophénone



Nombre d'onde en cm^{-1}

D'après « Spectral Database for Organic Compounds SDBS" (Japan)

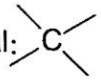
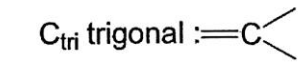
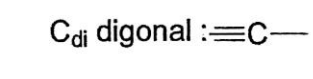
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

ANNEXE 3

SPECTROSCOPIE INFRAROUGE

Table des nombres d'onde des vibrations de valence et de déformation

Liaison	Espèce	Nature des vibrations	Nombre d'onde cm^{-1}	Intensité F : fort ; m : moyen ; f : faible
O-H	Alcool ou phénol libre	Valence	3590-3650	F (fine)
O-H	Alcool ou phénol lié	Valence	3200-3600	F (large)
N-H	Amine primaire	Valence	3300-3500	m (2 bandes)
N-H	Amine secondaire	Valence		m (1 bande)
N-H	Amide	Valence	3100-3500	F
C_{di}-H	Alcyne	Valence	≈ 3300	m ou f
C_{tri}-H	Alcène	Valence	3030-3100	m
C_{tri}-H	Aromatique	Valence	3000-3100	m
C_{tet}-H	Alcane	Valence	2850-3000	F
C_{tri}-H	Aldéhyde	Valence	2700-2900	m (2 bandes)
OH	Acide carboxylique	Valence	2500-3200	F à m (large)
C≡C	Alcyne	Valence	2100-2260	f
C_{tri}=O	Aldéhyde et cétone	Valence	1650-1730 abaissement de 20à 30 cm^{-1} si conjugaison	F
C_{tri}=O	Acide carboxylique	Valence	1700-1725	F
C_{tri}=O	Ester	Valence	1735-1750	F
C_{tri}=O	Amide	Valence	1630-1700	F
C_{tri}=C_{tri}	Alcène	Valence	1620-1690	m
C_{tri}=C_{tri}	Aromatique	Valence	1450-1600	Variable (3 ou 4 bandes)
N-H amine	Amine	*Déformation*	1560-1640	F ou m
$-NO_2$	Groupe nitro	Valence	1540-1570 et 1340-1390	F (2 bandes)
C_{tet}-H	Alcane	*Déformation*	1430-1480	F
C_{tet}-H (CH_3)	Alcane	*Déformation*	1370-1390	F (2 bandes)
C_{tet}-O	Alcool	Valence	1010-1200	F
C_{tet}-N	Amine	Valence	1020-1250	m
C_{tri}-H de -HC=CH- (*E*) (Z)	Alcène	*Déformation* *Déformation*	960-970 670-730	F m
C_{tri}-H	Aromatique monosubstitué	*Déformation*	730-770 et 680-720	F (2 bandes)
C_{tri}-H	Aromatique 1,2-disubstitué Aromatique 1,3-disubstitué Aromatique 1,4-disubstitué	*Déformation* *Déformation* *Déformation*	735-770 750-800 et 680-720 800-860	F F et m (2 bandes) F
C-Cl	Chlorure d'alkyle ou d'aryle	Valence	600-800	F
C-Br	Bromure d'alkyle ou d'aryle	Valence	500-750	F
C-I	Iodure d'alkyle ou d'aryle	Valence	≈ 500	F

C_{tet} tétragonal :  C_{tri} trigonal :  C_{di} digonal : 

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN - CNDP

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.