

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2015

## PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30  
Coefficient : 8

*L'usage de la calculatrice est autorisé*

*Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré*

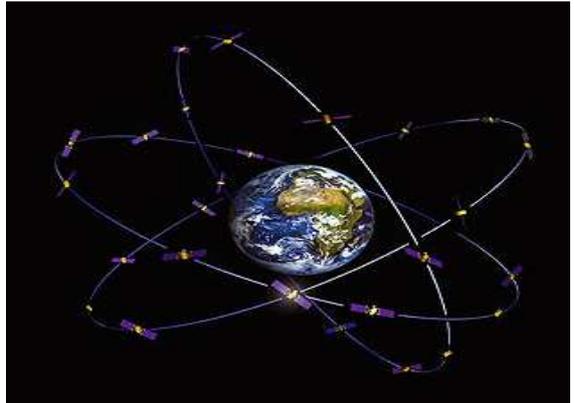
Le sujet comporte trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13 y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

**La page d'annexe 13 EST À RENDRE AGRAFÉE LA COPIE même si elle n'a pas été complétée.**

## EXERCICE I - GALILEO, SYSTÈME DE NAVIGATION PAR SATELLITE (6 points)

La constellation Galileo désigne le système européen de navigation par satellite initié par l'Union européenne et l'Agence spatiale européenne. À terme, elle sera composée de trente satellites répartis en trois orbites circulaires à une altitude de 23 522 km. Cette configuration permet de recevoir simultanément en tout lieu de la surface terrestre et à tout instant, les signaux émis par un minimum de quatre satellites. Les signaux de Galileo couvriront des latitudes allant jusqu'à 75° nord et sud.



**Représentation de la constellation Galileo**  
d'après le site <http://www.cnes.fr>

### Caractéristiques d'une constellation de satellites

L'altitude du satellite détermine non seulement la durée nécessaire pour faire un tour complet du globe, mais aussi la taille de la zone de surface terrestre qu'il couvre. Un satellite seul ne peut couvrir qu'une partie du globe, d'où l'idée de créer des constellations de satellites.

Dans la conception de ces constellations, de nombreux critères entrent en jeu :

- l'altitude des satellites détermine directement la zone couverte et la durée de visibilité d'un satellite par un utilisateur au sol ;
- le nombre de satellites : au moins quatre satellites doivent être visibles de tout point du globe pour fournir un service de positionnement. Un nombre plus important de satellites offre de meilleures performances, en particulier dans les zones urbaines où la transmission peut être perturbée par la présence d'immeubles ;
- l'inclinaison du plan des orbites par rapport à l'équateur influence directement la visibilité par les usagers des latitudes élevées proches des pôles ;
- la répartition des satellites dans l'espace influence directement les performances du service de positionnement.

d'après « GPS et Galileo : Système de navigation par satellites », Éditions Eyrolles

## Caractéristiques techniques de Galileo et de ses concurrents

Pour certains services, Galileo sera compatible avec les deux principaux réseaux de satellites de radionavigation, le système GPS américain et le système Glonass russe.

Sur le plan technique, il n'y a pas d'innovation majeure ; le relevé de position résultera d'un calcul de durée de parcours du signal entre quatre satellites émetteurs et l'appareil récepteur. C'est dans la précision et la robustesse du signal que Galileo compte se distinguer.

Grâce aux horloges atomiques européennes plus précises, embarquées dans les satellites, le système Galileo aura une précision de localisation en temps réel de moins d'un mètre pour les services de haute précision et de moins de cinq mètres pour le grand public, ce qu'aucun autre système public n'autorise actuellement.

Les satellites du système Galileo utilisent plusieurs bandes de fréquence pour transmettre les différents signaux. Ceci permet de :

- mieux protéger les données lors du passage de l'ionosphère, couche de l'atmosphère chargée électriquement ;
- limiter les « canyons urbains », zones où les problèmes de réflexion sur les bâtiments sont propices aux erreurs de calcul de position.

d'après Sciences et Avenir - Juin 2014

Nom du dispositif	GALILEO	GPS	GLONASS
Nombre de satellites	30	24	29
Altitude $h$ de mise en orbite	23 522 km	20 200 km	19 100 km
Nombre de bandes de fréquence	3	3	2
Période de rotation d'un satellite		11 h 58 min	11 h 15 min

### Données :

- Domaines des différentes ondes radioélectriques ;

Ondes radioélectriques				
Supra Haute Fréquence (SHF)	Ultra Haute Fréquence (UHF)	Très Haute Fréquence (THF)	Haute Fréquence (HF)	Moyenne Fréquence (MF)
1 cm	10 cm	1 m	10 m	100 m
$\lambda$				

- célérité des ondes électromagnétiques dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;
- rayon de la Terre :  $R_T = 6380 \text{ km}$  ;
- masse de la Terre :  $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$  ;
- constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$  ;
- intensité de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

## 1. Performances du système Galileo

Les satellites Galileo émettent des signaux d'ondes électromagnétiques générés par leurs émetteurs embarqués. Chaque satellite transmet trois signaux différents utilisant trois bandes de fréquence centrées sur les valeurs suivantes :  $f_1 = 1575,42$  MHz ;  $f_2 = 1278,75$  MHz ;  $f_3 = 1191,80$  MHz.

1.1. Identifier le domaine commun des ondes radioélectriques auquel appartiennent ces trois signaux.

1.2. Les « canyons urbains » sont propices aux erreurs de calcul de position. À l'aide des documents, donner deux critères permettant au système Galileo d'atténuer le phénomène de « canyons urbains » par rapport à ses concurrents.

1.3. Pour certaines applications, la précision de positionnement visée par le système Galileo est de moins de 1,0 m. Montrer, en vous appuyant sur un calcul, que cette précision nécessite l'utilisation d'une horloge atomique.

## 2. Mise en orbite d'un satellite du système Galileo

Les satellites Galileo sont lancés dans l'espace à l'aide d'une fusée. Des élèves cherchent à estimer la durée nécessaire à la mise en orbite d'un satellite, et ils proposent, après recherche, le raisonnement suivant :

Système étudié : {fusée + satellite + équipement} de masse  $M$  constante de 310 tonnes

Référentiel d'étude : terrestre supposé galiléen

Repère d'espace : axe vertical (Oz) orienté vers le haut

Conditions initiales : vitesse nulle (sur la base de lancement) et  $z(0) = z_0 = 0$ .

Bilan des forces :

- poids  $\vec{P}$
- force de poussée verticale  $\vec{F}$ , de valeur constante :  $F = 4 \times 10^6$  N

D'après la deuxième loi de Newton, l'accélération est donnée par :

$$a_z = \frac{F}{M} + g$$

Par deux intégrations successives, l'altitude est donnée par :

$$z(t) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{F}{M} + g \right) \cdot t^2$$

2.1. Repérer et corriger l'erreur commise dans les expressions mathématiques obtenues par les élèves dans le cadre du modèle choisi.

2.2. Après correction des expressions mathématiques et en restant dans le cadre de ce modèle, calculer la durée nécessaire à la mise en orbite du satellite.

2.3. Porter un regard critique sur les hypothèses formulées par les élèves pour construire leur modèle.

### 3. Étude du mouvement d'un satellite du système Galileo

Dans cette partie, on s'intéresse uniquement au mouvement du satellite sur une orbite considérée comme circulaire.

3.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler ou loi des aires dans le cas général et l'illustrer par un schéma.

3.2. Montrer que, dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement du satellite est uniforme.

3.3. Comparer qualitativement la période d'un satellite du système Galileo à celles des satellites GPS et Glonass.

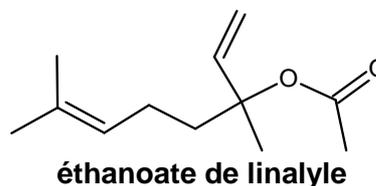
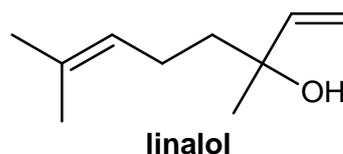
3.4. Vérifier la réponse de la question précédente par un calcul.

## EXERCICE II. L'ÉTHANOATE DE LINALYLE ET LE LINALOL (9 points)

Le linalol et l'éthanoate de linalyle sont des composés odorants principalement utilisés pour les parfums, cosmétiques, savons, ...

Principales espèces chimiques présentes dans la lavande fine (*lavandula officinalis*) et du lavandin (*lavandula hybrida*), elles peuvent être extraites de ces fleurs par hydrodistillation.

Elles peuvent aussi être synthétisées. Le linalol est obtenu à partir de la propanone et l'éthanoate de linalyle est obtenu à partir du linalol.



### 1. Les molécules d'éthanoate de linalyle et de linalol

1.1. Sur la formule topologique de la molécule d'éthanoate de linalyle, donnée en **annexe à rendre avec la copie**, entourer le(s) groupe(s) caractéristique(s) et nommer la (ou les) famille(s) chimique(s) correspondante(s).

1.2. Lors de la synthèse de l'éthanoate de linalyle à partir du linalol racémique, on obtient un mélange de plusieurs stéréoisomères.

1.2.1. La molécule d'éthanoate de linalyle possède-t-elle des carbones asymétriques ? Justifier et les indiquer, à l'aide d'un astérisque, sur la formule topologique donnée en **annexe à rendre avec la copie**.

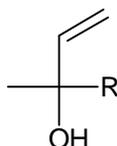
1.2.2. La molécule d'éthanoate de linalyle présente-t-elle une diastéréoisomérisation de type Z/E ? Justifier la réponse.

1.2.3. Donner, en conclusion, le type de stéréoisomérisation présent dans le mélange obtenu lors de la synthèse.

1.3. Le linalol a pour nom systématique : 3,7-diméthyl-octa-1,6-diène-3-ol.

1.3.1. Justifier ce nom en précisant le raisonnement suivi.

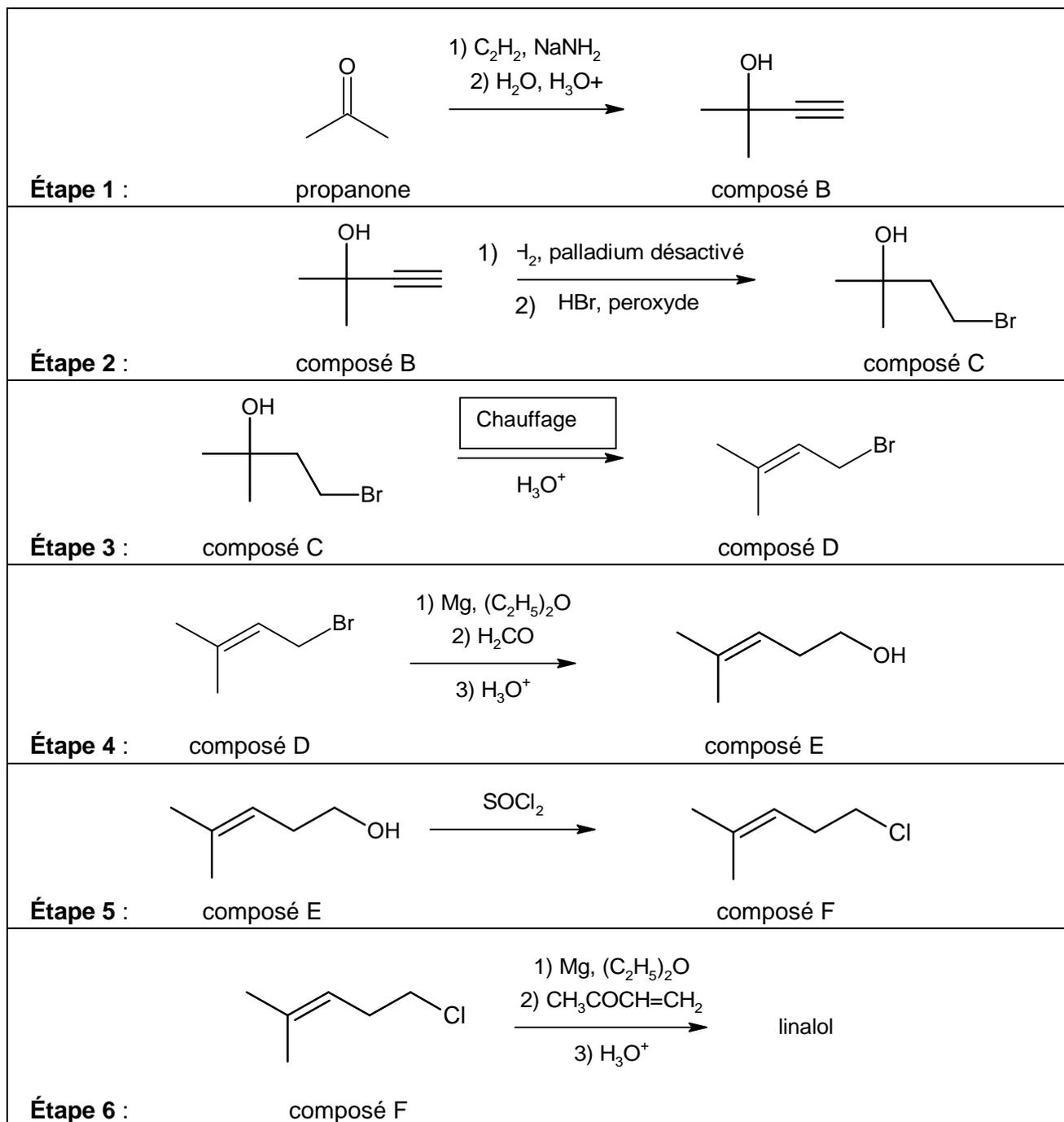
1.3.2. Identifier le groupement R qui apparaît dans la formule simplifiée du linalol ci-dessous.



1.3.3. La molécule de linalol présente deux énantiomères. Donner la représentation de Cram de ces deux énantiomères en utilisant la formule simplifiée ci-dessus.

## 2. Synthèse du linalol

La synthèse du linalol s'effectue en six étapes décrites ci-dessous.

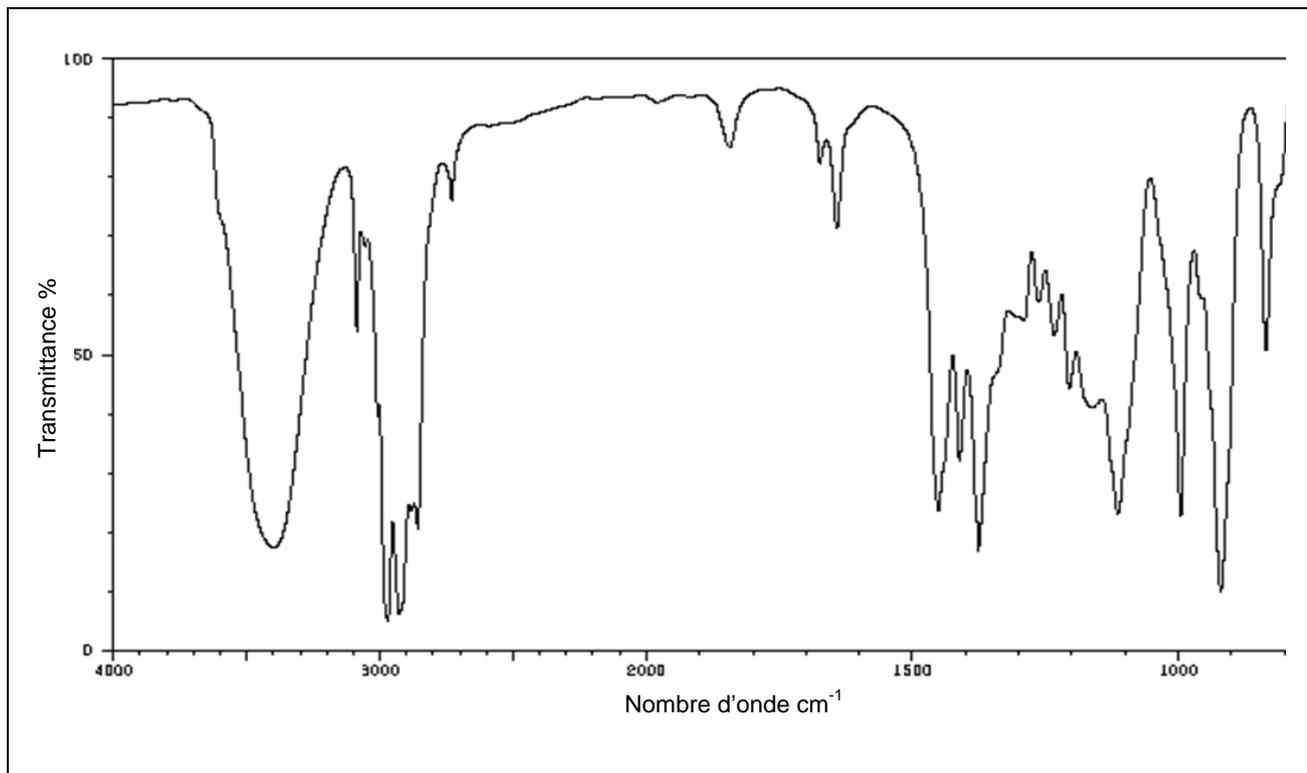


2.1. Associer aux étapes 3 et 5 de la synthèse, en justifiant votre choix, une catégorie de réaction parmi les catégories suivantes : élimination, addition, substitution.

2.2. Pour les étapes 4 et 5 de la synthèse, indiquer s'il s'agit d'une modification de chaîne et/ou d'une modification de groupe caractéristique.

2.3. Le mécanisme réactionnel de l'étape 1 est donné en **annexe à rendre avec la copie**. Compléter le mécanisme des sous-étapes (a) et (b) avec les flèches courbes et les doublets non liants. Indiquer les produits formés manquants dans la sous-étape (c).

2.4. Le spectre infrarouge du produit obtenu lors de l'étape 6 est représenté ci-dessous. Quel(s) élément(s), dans ce spectre, permet(tent) de montrer sans ambiguïté, qu'il y a bien eu formation de linalol lors de cette étape ?



Extrait d'une table de données de spectroscopie I.R. :

Liaison	C = C	ester C = O	cétone C = O	CO-H	C - O
Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	1620 - 1680	1730 - 1750	1705 - 1725	3200 - 3500	1050 - 1450

### 3. Différentes méthodes pour synthétiser l'éthanoate de linalyle

Il existe plusieurs méthodes pour synthétiser l'éthanoate de linalyle. On peut faire réagir le linalol soit avec un acide carboxylique soit avec un anhydride d'acide.

Données :

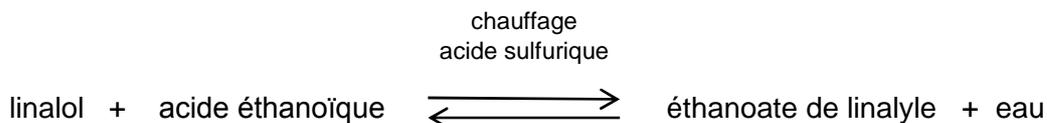
Nom de l'espèce chimique	Éthanoate de linalyle	Linalol	Acide éthanoïque	Anhydride éthanoïque	Acide sulfurique
Densité	0,89	0,87	1,05	1,08	1,83
Température d'ébullition (°C) sous pression atmosphérique	220	199	118	139	337
Masse molaire (g.mol <sup>-1</sup> )	196	154	60	102	98
Pictogrammes de sécurité					
Mentions de danger	H315 H319	H315 H319 H335	H226 H314	H226 H302 H314 H332	H 290 H 314

Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ g.mL}^{-1}$

Quelques mentions de danger :

- H226 : Liquide et vapeurs inflammables ;
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux ;
- H302 : Nocif en cas d'ingestion ;
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et lésions oculaires graves ;
- H315 : Provoque une irritation cutanée ;
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux ;
- H332 : Nocif par inhalation ;
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires.

3.1. Première méthode : obtention de l'éthanoate de linalyle à partir de l'acide éthanoïque.  
 Pour obtenir de l'éthanoate de linalyle, on chauffe à reflux du linalol avec un excès d'acide éthanoïque, en présence d'acide sulfurique. On obtient, après séparation, rinçage et séchage, l'éthanoate de linalyle. Le rendement de cette synthèse, modélisée ci-dessous, est de 5 %.

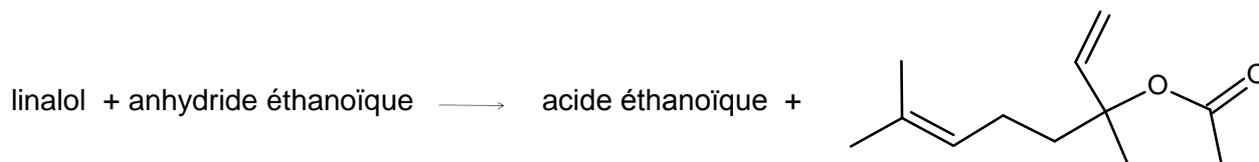


3.1.1. Écrire l'équation de la réaction de synthèse.

3.1.2. Quel est le rôle d'un chauffage à reflux ?

3.1.3. L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur. Parmi les caractéristiques d'une transformation chimique, proposées ci-après, indiquer celle(s) qui est (sont) modifiée(s) par ajout d'un catalyseur : la cinétique, la composition finale du mélange, le mécanisme réactionnel.

3.2. Deuxième méthode : obtention de l'éthanoate de linalyle à partir de l'anhydride éthanoïque.  
 On réalise le chauffage à reflux de 10,0 mL de linalol et d'un excès d'anhydride éthanoïque. On obtient, après séparation, rinçage et séchage, 8,4 g d'éthanoate de linalyle. Cette transformation, modélisée ci-dessous, est rapide.



3.2.1. Indiquer les précautions à prendre lors de cette synthèse. Justifier.

3.2.2. Déterminer le rendement de cette synthèse.

3.3. En fin de synthèse, on réalise le spectre R.M.N. du proton du produit obtenu, afin de s'assurer qu'il s'agit bien de l'éthanoate de linalyle. Quel(s) changement(s) (nombre et multiplicité des signaux, courbe d'intégration) va-t-on observer sur le spectre du produit obtenu par rapport à celui du linalol ?

3.4. D'après les informations fournies, comparer les deux méthodes proposées pour synthétiser l'éthanoate de linalyle.

### EXERCICE III. RÉNOVATION D'UNE SALLE DE CLASSE (5 points)

Avant la rénovation d'une salle de classe, on réalise une étude acoustique afin d'améliorer ses qualités sonores.

À la suite d'une telle étude, des travaux sont programmés pour diminuer le temps de réverbération. Le technicien, responsable de l'étude, préconise de diminuer le volume de la pièce en fabriquant un faux plafond constitué d'un matériau isolant acoustique. Cette rénovation se fera sans occulter les fenêtres de façon à conserver un maximum de clarté, tout en ramenant le temps de réverbération à sa limite inférieure préconisée par l'arrêté du 25 avril 2003.

L'objectif de cet exercice est de vérifier si ces travaux vont permettre de respecter les contraintes évoquées précédemment.

#### Document 1. Éléments d'acoustique

Noté  $TR$ , le temps de réverbération d'une salle est la durée, exprimée en seconde, au bout de laquelle le niveau sonore a diminué de 60 dB quand la source sonore est arrêtée.

On le calcule théoriquement à l'aide de la formule de Sabine :

$$TR = 0,16 \cdot \frac{V}{A} \quad \text{avec : } \begin{cases} V : \text{volume de la salle en m}^3; \\ A : \text{surface d'absorption équivalente de la salle en m}^2. \end{cases}$$

La surface d'absorption équivalente d'une salle se détermine en faisant la somme des surfaces d'absorption équivalentes des différents éléments constitutifs et présents dans la salle :

$$A_{\text{salle}} = \sum A_i$$

La surface d'absorption équivalente d'un matériau  $i$  dépend de la surface  $S_i$  (en  $\text{m}^2$ ) qu'il occupe et de son coefficient d'absorption acoustique du matériau  $\alpha_i$  selon la relation :

$$A_i = \alpha_i \cdot S_i$$

#### Document 2. Extrait de l'arrêté du 25 avril 2003

D'après l'arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement pour un local dont le volume est inférieur à  $250 \text{ m}^3$ , le temps de réverbération doit être compris entre 0,4 s et 0,8 s. Pour un local dont le volume est supérieur, il sera compris entre 0,6 s et 1,2 s.

### Document 3. Caractéristiques de la salle de classe

La salle étudiée est un parallélépipède rectangle de longueur 7,50 m et de largeur 7,30 m. Le plafond initial est à 4,10 m. Le haut des fenêtres est à 2,80 m du sol. Le temps de réverbération avant travaux est de 1,1 s.

Éléments architecturaux à prendre en compte	Caractéristiques			surface d'absorption équivalente A
	matériau	Surface	Dimensions	
Mur	plâtre	non communiquée	non communiquées	non communiquée
Sol	carrelage	54,8 m <sup>2</sup>	7,30 m×7,50 m	1,09 m <sup>2</sup>
Plafond	plâtre	54,8 m <sup>2</sup>	7,30 m×7,50 m	1,64 m <sup>2</sup>
Faux plafond	isolant acoustique	54,8 m <sup>2</sup>	7,30 m×7,50 m	35,6 m <sup>2</sup>
Deux fenêtres	verre	6,0 m <sup>2</sup> de surface totale	2 x(2,00 m×1,50 m)	0,60 m <sup>2</sup>
Une porte	bois	1,93 m <sup>2</sup>	2,15 m×0,90 m	0,39 m <sup>2</sup>
Mobilier scolaire				25 m <sup>2</sup>

#### Question préliminaire

Quels sont les paramètres qui permettent de réduire le temps de réverbération ? Préciser dans quel sens ils doivent varier.

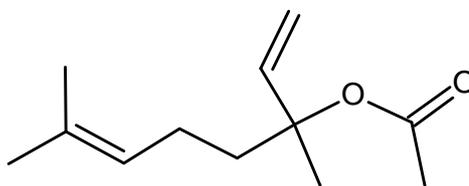
#### Problème

**À quels travaux est-il nécessaire de procéder, dans la salle de classe, sans pour autant occulter les fenêtres, afin de ramener ses caractéristiques acoustiques aux normes en vigueur ?**

*Le candidat répondra à l'aide d'un raisonnement clairement exposé en détaillant les calculs nécessaires à la résolution du problème. Il est invité à porter sur la copie toute démarche même si cette dernière n'est pas menée jusqu'au bout car elle sera évaluée.*

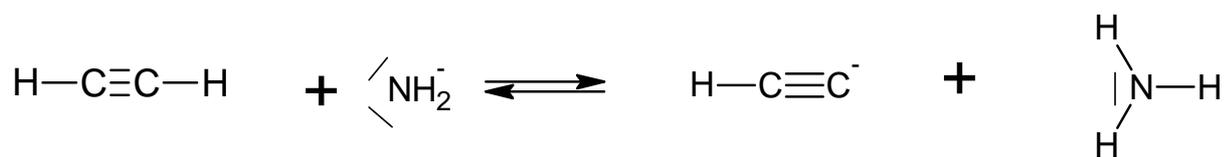
ANNEXE DE L'EXERCICE II À RENDRE AVEC LA COPIE

Formule topologique de la molécule d'éthanoate de linalyle

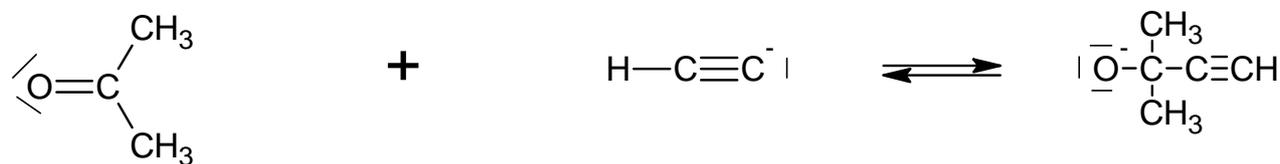


Mécanisme réactionnel de l'étape 1

Sous-étape (a)



Sous-étape (b)



Sous-étape (c)

