BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

obligatoire

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10 y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 10) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

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

EXERCICE I - LUTTE CONTRE LES MOUSTIQUES (9 points)

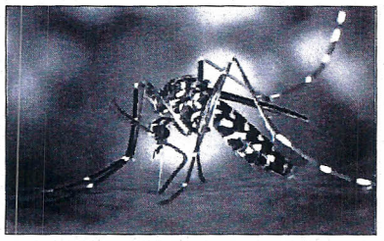


Photo de James Gathany, CDC

Le développement spectaculaire des transports permet à des millions de personnes de voyager partout dans le monde.

Ces déplacements induisent parfois des risques, en particulier la propagation de maladies transmises par les moustiques.

Une des solutions pour éviter les piqûres est de repousser les moustiques en utilisant des produits répulsifs cutanés.

L'EHD ou 2-éthylhexan-1,3-diol est un composé organique de synthèse découvert en 1935 et présentant une activité répulsive vis-à-vis des moustiques. L'objectif de cet exercice est d'étudier une voie de synthèse en trois étapes de l'EHD.

Données :

➢ Masses volumiques, masses molaires et températures d'ébullition :

	Butan-1-ol $C_4H_{10}O$	Butanal C_4H_8O	Acide butanoïque $C_4H_8O_2$
Température d'ébullition (°C)	117	75	162
Masses volumiques ($g.mL^{-1}$)	0,81	0,80	0,96
Masses molaires ($g.mol^{-1}$)	74,0	72,0	88,0

➢ Électronégativités χ comparées : $\chi(H) \approx \chi(C) < \chi(O)$

➢ Table de référence pour la spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (en cm^{-1})
O-H (*alcool lié*)	3200 – 3600
C_{tri}-H (*alcène*)	3030 – 3100
C_{tri}-H (*aldéhyde*)	2700 - 2900
O-H (*acide carboxylique*)	2500 – 3200
C_{tri}=O (*acide carboxylique*)	1700 – 1725

Liaison	Nombre d'onde (en cm^{-1})
C_{tri}=O (*aldéhyde / cétone*)	1650 – 1730
C_{tri}=C_{tri} (*alcène*)	1620 – 1690
C_{tet}-H (*alcane*)	1430 – 1480
C_{tet}-O (*alcool*)	1010 - 1200

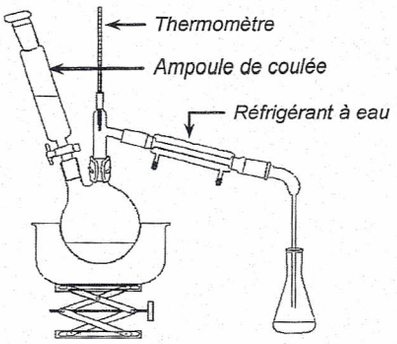
C_{tet} : carbone tétragonal	

C_{tri} : carbone trigonal	

1. Étape 1 du schéma de synthèse de l'EHD

Cette première étape est l'oxydation du butan-1-ol par le permanganate de potassium pour obtenir le butanal selon la réaction d'équation :

$$5\ C_4H_{10}O\ (\ell)\ +\ 2\ MnO_4^-(aq)\ +\ 6\ H^+(aq)\ \rightarrow\ 5\ C_4H_8O\ (\ell)\ +\ 2\ Mn^{2+}(aq)\ +\ 8\ H_2O\ (\ell)$$



Pour produire le butanal, on utilise le montage ci-contre. Initialement, le ballon contient 2,0 mL de butan-1-ol. L'ampoule de coulée permet d'introduire dans le ballon une solution oxydante de permanganate de potassium ($K^+(aq) + MnO_4^-(aq)$), de concentration molaire $C = 4{,}5 \times 10^{-1}$ mol.L^{-1}.
Ce montage permet à la fois de synthétiser le butanal et de l'extraire du milieu réactionnel par distillation simple.
Si la solution de permanganate de potassium est introduite trop rapidement, le butanal formé peut être oxydé en acide butanoïque. On l'introduit donc goutte à goutte dans le milieu réactionnel.

La synthèse est réalisée en présence d'une solution aqueuse d'acide sulfurique ($2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$) et à une température de 75°C.

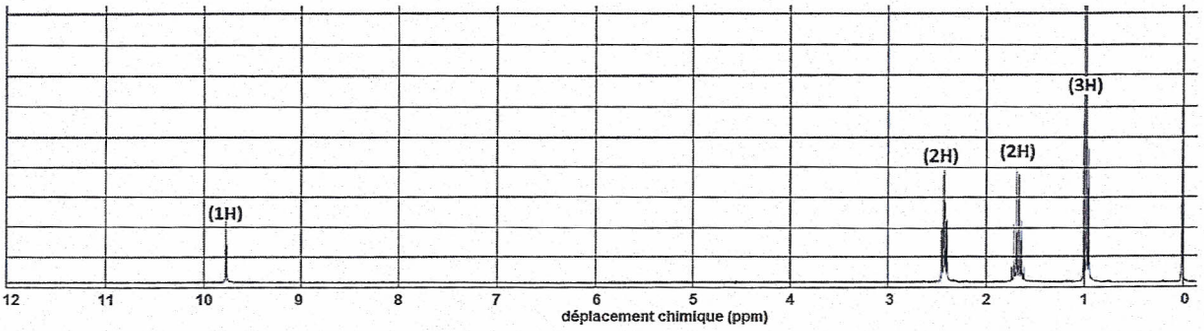
1.1. Donner la formule topologique du butan-1-ol.

1.2. Indiquer pourquoi l'utilisation du montage de distillation simple permet d'extraire le butanal du milieu réactionnel.

1.3. Dans l'hypothèse d'une oxydation de la totalité du butan-1-ol, vérifier que la masse maximale de butanal est égale à 1,6 g.

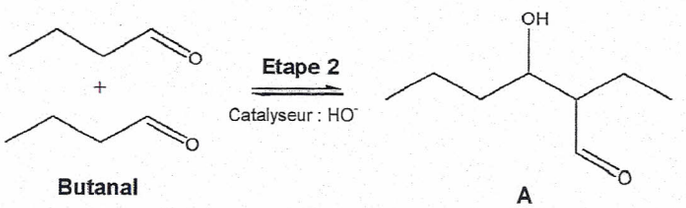
1.4. Déterminer le volume de solution de permanganate de potassium nécessaire à introduire dans l'ampoule de coulée pour oxyder tout le butan-1-ol initialement présent.

1.5. Le spectre RMN du produit obtenu dans le distillat est donné ci-dessous.
Les indications portées au-dessus de chaque signal correspondent au nombre d'atomes d'hydrogène présents dans le groupe de protons équivalent correspondant au signal ; la multiplicité n'est pas exploitable.
Vérifier que ce spectre est compatible avec la molécule de butanal.
Préciser, en la justifiant, la multiplicité du signal à 1 ppm.



2. Étape 2 du schéma de synthèse de l'EHD

L'étape 2 de la synthèse de l'EHD est réalisée en milieu basique et met en jeu deux molécules de butanal. Elles réagissent ensemble pour former une molécule polyfonctionnelle, notée **A**.



Butanal **A**

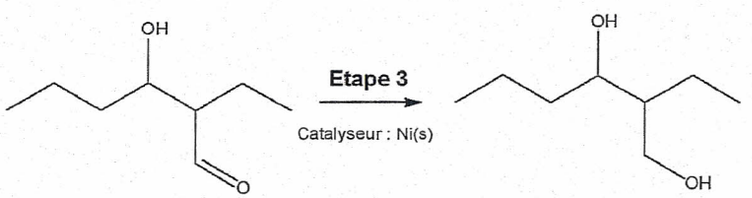
À l'échelle microscopique, il est possible d'expliquer la formation du produit **A** à l'aide du mécanisme réactionnel reproduit sur l'**ANNEXE à rendre avec la copie**.

2.1. Sur l'**ANNEXE à rendre avec la copie**, utiliser le formalisme des flèches courbes pour rendre compte de la deuxième étape du mécanisme réactionnel.

2.2. Pourquoi peut-on dire que l'ion hydroxyde joue le rôle de catalyseur dans la transformation du butanal en produit **A** ? On se référera à l'**ANNEXE à rendre avec la copie**.

3. Étape 3 du schéma de synthèse de l'EHD

L'étape 3 de la synthèse de l'EHD est une réaction d'hydrogénation de la double liaison C=O catalysée par le nickel métallique. Cette réaction a lieu à la surface du catalyseur.



A **2-éthylhexan-1,3-diol (EHD)**

3.1. Proposer une explication au fait que l'on utilise pour cette réaction d'hydrogénation, une poudre fine de nickel plutôt qu'un bloc de nickel de même masse.

3.2. Une analyse par spectroscopie infrarouge du mélange final obtenu dans l'étape 3, décrite ci-dessus, permettrait-elle de détecter la présence de traces du composé **A** ? Justifier votre réponse.

3.3. Recopier la formule topologique de la molécule d'EHD. À partir de cette formule, justifier la terminaison « diol » dans le nom de la molécule. Identifier et numéroter la chaîne carbonée principale de la molécule d'EHD afin de justifier le nom donné à cette molécule.

3.4. La molécule d'EHD possède-t-elle des stéréoisomères de configuration ? Justifier la réponse.

EXERCICE II - Mesure de vitesses : du K.L. au laboratoire de physique (6 points)

Le kilomètre lancé (K.L.) ou ski de vitesse est une discipline dans laquelle l'objectif est d'atteindre la plus grande vitesse possible sur une piste. Il ne se passe pas une année sans qu'un nouveau record ne soit établi.

252,632 km/h : nouveau record de vitesse pour le skieur Simone Origone

« Impossible, 252,632 km/h ? Un homme ne peut pas se déplacer aussi vite, quelqu'un a dû appuyer sur « avance rapide ». Et pourtant. C'est bien la vitesse atteinte vendredi 3 avril par Simone Origone qui, pour y parvenir, s'est servi d'un instrument complexe : une paire de skis. Et d'un moteur surpuissant : la gravité. L'Italien de 35 ans a battu son propre record du monde de vitesse à ski (252,454 km/h), réussi le 31 mars 2014. »

D'après un article du site lemonde.fr du 3 avril 2015

Caractéristiques de la piste de Chabrières

Comme toutes les pistes de ski de vitesse, la piste de Chabrières comporte trois zones : une zone d'élan, une zone de chronométrage et une zone de freinage. Le départ est situé à une altitude $h_1 = 2715$ m. Le skieur accélère sur une distance de 450 m avant d'arriver dans la zone de chronométrage où l'on mesure le temps mis pour parcourir une distance $D = 100$ m. À la sortie de cette zone de chronométrage, le skieur décélère progressivement dans la zone de freinage.

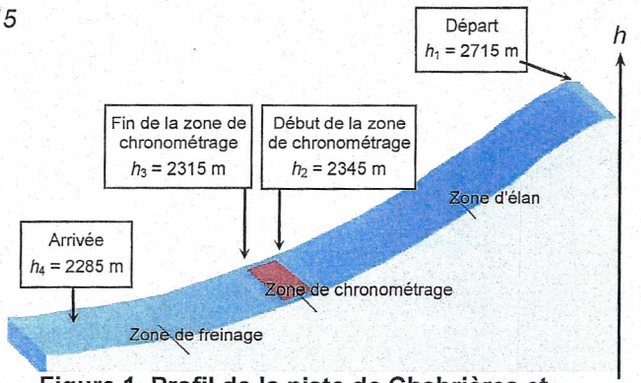


Figure 1. Profil de la piste de Chabrières et altitudes *h* de quelques points.
D'après http://www.vars-chalet.com/

Données :

- intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9{,}81$ m.s^{-2} ;
- masse du skieur avec son équipement : $M = 110$ kg.

Le système est composé du skieur et de son équipement ; l'étude est conduite dans le référentiel terrestre que l'on supposera galiléen.

1. Vitesse maximale

1.1. Dans l'article, il est dit que le skieur utilise « un moteur surpuissant : la gravité ». Justifier qu'au cours de la descente le travail du poids du skieur est « moteur », c'est-à-dire positif.

1.2. En considérant que la valeur de la vitesse du skieur au départ est nulle et que l'énergie mécanique du système se conserve, montrer que la valeur de la vitesse atteinte par le skieur au début de la zone de chronométrage est égale à 85 m.s^{-1}.

1.3. Comparer la valeur de cette vitesse à celle réellement atteinte par S.Origone en avril 2015. Proposer une explication de la différence observée.

2. Les frottements de l'air

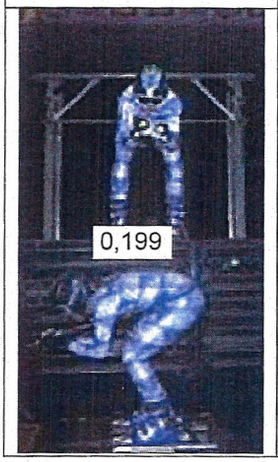
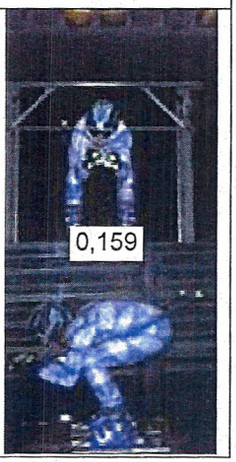
L'expression suivante permet de calculer la valeur F_{air} de la force de frottement de l'air s'exerçant sur un skieur en mouvement :

$$F_{air} = 0{,}5 \times \rho_{air} \times S \times k \times v^2$$

Avec :

- ρ_{air} la masse volumique de l'air en kg.m^{-3} ;
- v la vitesse du skieur en m.s^{-1} ;
- S (en m^2) la surface occupée par le skieur dans un plan perpendiculaire à son déplacement ;
- k le coefficient de trainée qui dépend de la posture du skieur et de son équipement.

Au cours de son mouvement dans la zone d'élan, le skieur peut adopter différentes postures. À chacune d'elles correspond une valeur du produit $S \times k$. Le document ci-dessous donne les valeurs du produit $S \times k$, en unité de base du système international, pour différentes postures d'un skieur.

POSTURE 1	POSTURE 2
	

D'après un document du département sportif et scientifique de la Fédération Française de Ski

2.1. Montrer que k est une grandeur sans unité. Quelle sera alors l'unité du produit $S \times k$?

2.2. Si on considère que le coefficient de trainée k reste constant entre les deux positions, proposer une explication qualitative à la diminution du produit $S \times k$ observée pour les postures 1 et 2.
En vous basant sur le document ci-dessus, évaluer la valeur de la surface S pour la posture 2 et donner un ordre de grandeur de la valeur de k.

2.3. Parmi les postures proposées, indiquer celle qui permettra au skieur d'atteindre la plus grande vitesse au début de la zone de chronométrage. Justifier.

2.4. Pour une posture donnée, expliquer comment évolue la valeur de la force de frottement de l'air F_{air} lorsque la vitesse du skieur augmente. Justifier.

3. Mesure des records et métrologie

3.1. Calculer la durée t_c du passage du skieur dans la zone de chronométrage de distance D.

3.2. Donner deux sources d'erreurs possibles pour la mesure de vitesse d'un skieur de kilomètre lancé.

3.3. Justifier à l'aide du texte d'introduction pourquoi il est nécessaire de faire des mesures précises pour distinguer les différents records de vitesse.

3.4. Estimer la précision relative sur la mesure de la vitesse du skieur.

EXERCICE III - DIAGNOSTIC D'UNE MAISON (5 points)

Un couple souhaite acheter une maison. Pour faire son choix, il décide de se renseigner sur l'environnement sonore de la maison ainsi que sur son isolation thermique.

1. Environnement sonore de la maison

Un projet consiste à installer une éolienne à proximité de la maison. Cette éolienne en fonctionnement a une puissance acoustique de 0,50 W.

Donnée :

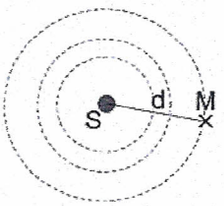
- l'intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0\times10^{-12}$ W.m^{-2}.

Intensité sonore

Pour une source sonore isotrope S (qui émet de la même façon dans toutes les directions), l'intensité sonore I (en W.m^{-2}) mesurée au point M dépend de la distance d (en m) à la source. Elle s'exprime de la façon suivante :

$$I = \frac{P}{4\pi \times d^2}$$

où P est la puissance acoustique de la source (en W).



Échelle des niveaux sonores en décibel (dB)

Environnement	dB	Sensation, effet auditif
Réacteur à quelques mètres	130	Dommages physiques
	120	Seuil de la douleur
Marteau-piqueur à 1m	110	Supportable un court instant
	100	Bruits très pénibles
Réfectoire scolaire	90	
	80	Supportable mais bruyant
Restaurant bruyant	70	
Bureau	60	Bruits courants
	50	
	40	Calme
Jardin calme	30	Très calme
	20	
Studio d'enregistrement	10	Silence anormal
	0	Seuil d'audibilité

Figure 1 : vue aérienne de l'emplacement de la maison

1.1. Montrer que l'intensité sonore maximale pour que la maison soit au calme est de $I_{max} = 1{,}0 \times 10^{-8}$ W.m^{-2}.

1.2. Déterminer si la distance d entre l'éolienne et la maison est suffisante pour que la maison soit au calme.

2. Diagnostic de performance énergétique (DPE) de la maison

Le DPE

Obligatoire depuis l'année 2006 lors de la vente d'un logement et depuis 2007 lors de la location d'un logement, le diagnostic de performance énergétique renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant sa consommation d'énergie totale annuelle (chauffage, eau chaude, électroménager).

La lecture du DPE est facilitée par une étiquette énergie comportant 7 classes de A à G (A correspondant à la meilleure performance, G à la plus mauvaise).

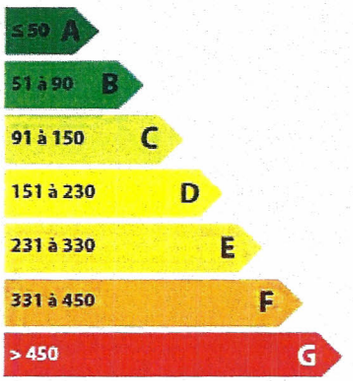


Figure 2 : Consommations énergétiques en kWh/an et par m^2 de surface habitable

Le couple souhaite connaitre le DPE d'une maison sans étage de surface habitable 100 m^2. La maison est construite dans une région où la température de l'air extérieur durant la période de chauffage vaut en moyenne $T_e = 4{,}0$°C. Pendant la période de chauffage, l'intérieur de la maison est maintenue à une température constante $T_i = 19$°C grâce au système de chauffage. On estime la durée annuelle de chauffage à 120 jours.

Caractéristiques thermiques de la maison

	Surface (m²)	Matériau	Epaisseur e (mm)	Conductivité thermique λ (W.m^{-1}.K^{-1})	Résistance thermique R_{th} (K.W^{-1})
Toiture	115	Laine de chanvre	100	0,042	$R_{th(toit)}$
		Terre cuite (tuile)	40	0,60	
Murs	91	Plâtre	13	0,46	0,020
		Polystyrène	50	0,036	
		Brique pleine	210	0,50	

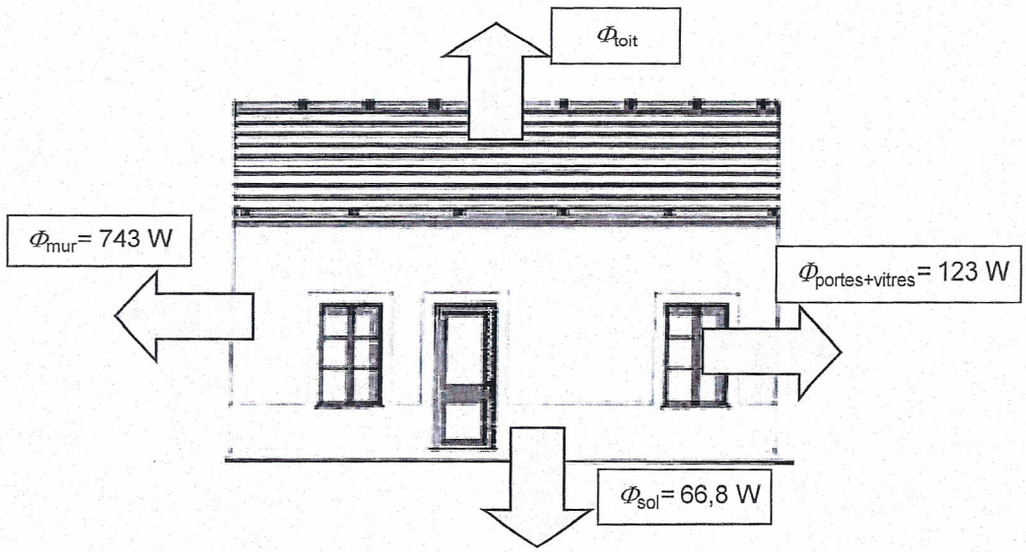


Figure 3 : Valeurs des flux thermiques moyens lorsque $T_e = 4{,}0$°C et $T_i = 19$°C

Flux thermique

Lorsque les températures extérieure T_e et intérieure T_i sont constantes au cours du temps, avec $T_i > T_e$, le flux thermique à travers une paroi peut s'exprimer aussi par la relation :

$$\Phi = \frac{T_i - T_e}{R_{th}}$$

où R_{th} est la résistance thermique de la paroi considérée.

Résistance thermique d'une paroi

La résistance thermique R_{th} d'une paroi plane constituée d'un seul matériau a pour expression :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

où e est l'épaisseur de la paroi (m), S sa surface (m^2), et λ la conductivité thermique caractérisant le matériau ($W.m^{-1}.K^{-1}$).

En pratique, une paroi est constituée de plusieurs couches de matériaux d'épaisseurs et de conductivités différentes. Dans ce cas, les résistances thermiques de chaque couche s'additionnent.

Donnée : 1 kW.h = $3,6 \times 10^6$ J

2.1. Les transferts thermiques s'effectuent suivant trois modes.
Associer à chacune des propriétés suivantes, le nom du transfert thermique correspondant.

Propriété 1	Propriété 2	Propriété 3
Le transfert thermique dans un milieu matériel se fait de proche en proche sans transport de matière.	Le transfert thermique ne nécessite pas de milieu matériel et se fait sans transport de matière.	Le transfert thermique se fait par déplacement macroscopique de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.

2.2. Calculer la résistance thermique de la toiture notée $R_{th(toit)}$ et en déduire que le flux thermique moyen à travers le toit en hiver est égal à $\Phi_{toit} = 7,1 \times 10^2$ W.

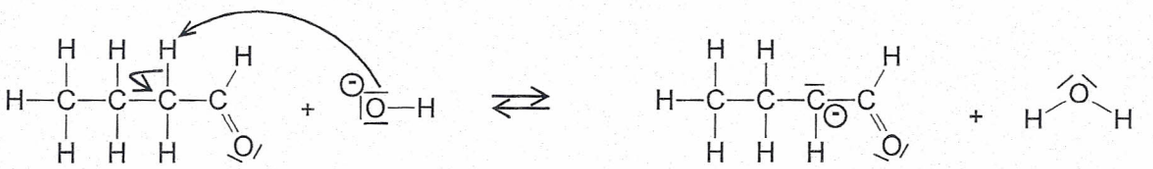
2.3. Afin de conserver une température constante dans la maison, la puissance moyenne du système de chauffage doit être égale au flux thermique moyen sortant de la maison.
En estimant que le chauffage représente 60 % de la consommation d'énergie annuelle, déterminer la classe énergétique de cette maison.
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

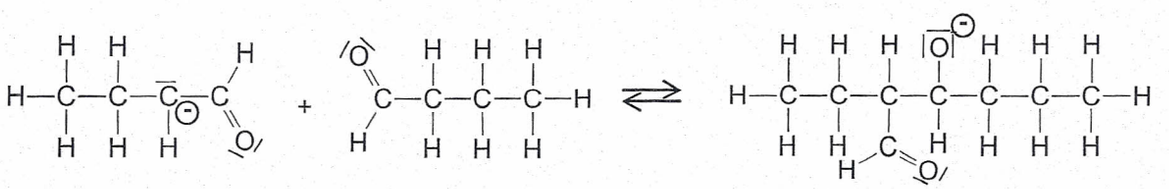
Questions 2.1. et 2.2.

Première étape du mécanisme réactionnel



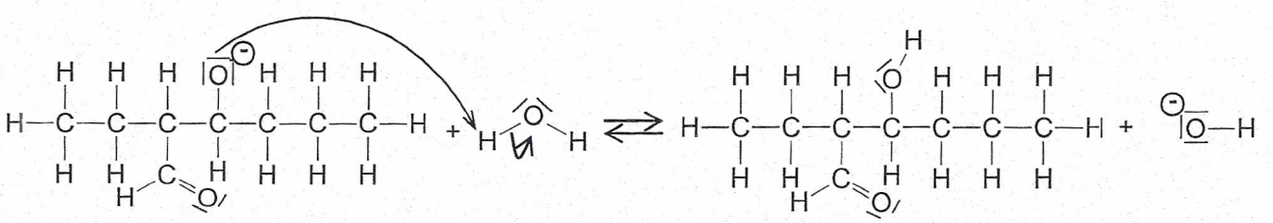
Butanal

Deuxième étape du mécanisme réactionnel



Butanal

Troisième étape du mécanisme réactionnel



Produit A