BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D’ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2021**

**SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

**DE LABORATOIRE**

**Sciences physiques et chimiques   
en laboratoire**

Durée de l’épreuve : **3 heures**

*L’usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L’usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.*

Dès que ce document vous est remis, assurez-vous qu’il est complet.

Ce document comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

Les pages 15 et 16 sont **à rendre avec la copie**.

**Le candidat traite 3 parties : la partie 1 puis il choisit 2 parties parmi les 3 proposées.**

**Étude d’un lait**

|  |
| --- |
| De quoi est composé le lait ?  Le lait est un liquide biologique comestible généralement de couleur blanchâtre produit par les glandes mammaires.  Le lait est à la fois une solution (dont les solutés sont le lactose, des sels minéraux…), une suspension (de matières azotées : caséine…) et une émulsion (de matières grasses dans une solution aqueuse), dont les teneurs varient selon la race de l'animal, son état de santé, son âge et son alimentation.  *(D’après Wikipédia)* |

Les quatre parties sont indépendantes.

**PARTIE 1 commune à tous les candidats (8 points)**

**Partie 1 - Contrôle de la qualité d’un lait – OBLIGATOIRE – (8 points)**

*Thème : chimie et développement durable – titrage acide/base, stéréochimie*

**PARTIES au choix du candidat (12 points)**

**Partie A - Observation des bactéries présentes dans le lait à l’aide d’un microscope optique (6 points)**

*Thème : microscope*

**Partie B - Stockage du lait dans les « tanks » à lait (6 points)**

*Thème : systèmes et procédés – résistance thermique*

**Partie C - Étude d’un lait aromatisé à l’ananas (6 points)**

*Thème : chimie et développement durable – synthèse chimique*

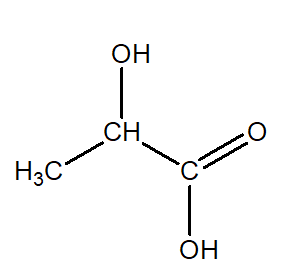
**PARTIE 1 commune à tous les candidats (8 points)**

**Contrôle de la qualité d’un lait**

Avant de procéder à la transformation du lait (production de yaourts par exemple) ou à sa commercialisation, l'industrie laitière met en œuvre divers contrôles de qualité du lait, notamment le dosage de son acidité liée à la présence d’acide lactique.

1. **Étude de l’acide lactique**

La formule semi-développée de l’acide lactique ou acide 2-hydroxypropanoïque est la suivante :



1. Représenter la molécule d’acide lactique en formule topologique.
2. Entourer les groupes caractéristiques présents dans la molécule sur votre copie et nommer les fonctions correspondantes.
3. Repérer par un astérisque « \* » l’atome ou les atomes de carbone asymétrique(s) sur la formule topologique représentée à la question 1.1.1.
4. Donner la représentation de Cram d’un des stéréoisomères.
5. Définir le terme « couple d’énantiomères ».
6. Dessiner l’énantiomère du stéréoisomère de la question 1.1.4.
7. **Dosage de l’acidité du lait**

Un technicien dose l'acidité d'un lait selon la méthode Dornic.

|  |
| --- |
| **Document 1 : la méthode Dornic** |
| * Prélever *V* = 10,00 mL de lait et les introduire dans un erlenmeyer. * Ajouter 2 gouttes d’un indicateur coloré acido-basique bien choisi. * Remplir la microburette de 5,00 mL de solution d’hydroxyde de sodium  (Na+(aq) + OH−(aq)) de concentration en quantité de matière *CB* = 0,111 molL−1, appelée « soude Dornic ». Ajuster le niveau du liquide au niveau zéro de la microburette. * Placer alors l’erlenmeyer sous la microburette. * Agiter afin d’homogénéiser le mélange. * Verser goutte à goutte la solution d’hydroxyde de sodium dans l’erlenmeyer en agitant le mélange jusqu'à obtenir le virage de l’indicateur coloré. |

**Données :**

* *pKA* du couple acide lactique / ion lactate : *pKA* (C3H6O3 / C3H5O3− ) = 3,9 à 25 °C ;
* Masses molaires atomiques :

*M(*H*)* = 1,0 gmol−1 ; *M(*C*)* = 12,0 gmol−1 ; *M(*O*)* = 16,0 gmol−1.

1. Faire un schéma légendé du montage et indiquer les espèces chimiques mises en jeu dans la méthode Dornic pour réaliser le dosage.
2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage, en supposant que le seul acide présent dans le lait est l'acide lactique.
3. Indiquer l’indicateur coloré choisi parmi ceux du document 3 pour la méthode Dornic à l’aide des documents 2 et 3. Si plusieurs indicateurs sont possibles, justifier votre choix.

|  |
| --- |
| **Document 2 : exemple de courbe de titrage d’une solution d’acide lactique par une solution d’hydroxyde de sodium** |
| Courbe de titrage suivi par pH-métrie de 10,00 mL d’une solution d’acide lactique à environ 0,1 molL−1 par une solution d'hydroxyde de sodium à 0,111 molL−1.  De l’eau distillée a été ajoutée de façon à immerger les électrodes. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Document 3 : informations sur quelques indicateurs colorés acido-basiques usuels** | | | | |
| ***Indicateur coloré*** | ***Teinte de la  forme acide*** | ***Zone de virage*** | ***Teinte de la forme basique*** | ***Pictogrammes*** |
| Jaune de méthyle | rouge | 2,9 < pH < 4,0 | jaune |  |
| Hélianthine | rouge | 3,1 < pH < 4,4 | jaune |  |
| Bleu de thymol | jaune | 8,0 < pH < 9,6 | bleu |  |
| Phénolphtaléine | incolore | 8,2 < pH < 10,0 | rosé |  |

Afin de déterminer l’incertitude sur la valeur de la concentration en masse de l’acide lactique dans le lait, une simulation est réalisée, utilisant le langage de programmation Python, dont le début du script est donné ci-dessous. L’incertitude sur le volume de prise d’essai est de 0,02 mL, l’incertitude relative sur la concentration *C1* de la solution titrante est de 0,5 % et on estime que l’incertitude sur le volume équivalent est de 0,05 mL.

|  |  |
| --- | --- |
| *1*  *2*  *3*  *4*  *5*  *6*  *7*  *8*  *9*  *10*  *11*  *12*  *13*  *14*  *15*  *16*  *17*  *18*  *19*  *20*  *21*  *22*  *23*  *24* | **import numpy as np**  **import matplotlib.pyplot as plt**  # Renvoie une valeur aléatoire  # du volume V, d'incertitude-type u\_V, en mL  **def V\_mes():**  **V = 10** # Volume de la pipette  **u\_V = 0.02** # Incertitude-type  **tirage=np.random.normal()** # Tirage aléatoire (loi normale)  **return V + u\_V\*tirage**  # Renvoie une valeur aléatoire de la concentration  # en quantité de matière C1, d'incertitude-type u\_C1, en mol/L  **def C1\_mes():**  **C1 = 0.111** #mol/L# Concentration de la solution titrante  **u\_C1 = 0.5/100\*C1** # Incertitude-type  **tirage=np.random.normal()** # Tirage aléatoire (loi normale)  **return C1 + u\_C1\*tirage**  # Renvoie une valeur aléatoire  # du volume à l'équivalence VE, d'incertitude-type u\_VE, en mL  **def VE\_mes():**  # À compléter |

1. Écrire la fonction **VE\_mes()** figurant dans le script Python à partir de la ligne 22, qui permet de simuler une valeur du volume à l’équivalence. À réaliser sur la copie.

La simulation fournit un histogramme de la distribution des valeurs possibles de concentration en masse en acide lactique dans le lait pour le dosage réalisé (voir document 4).

|  |  |
| --- | --- |
| **Document 4 : histogramme de la distribution** | |
|  | **Moyenne des : 2,10 gL−1**  **= 0,05 gL−1** |

|  |
| --- |
| **Document 5 : l'échelle d'acidité Dornic** |
| Un lait frais est légèrement acide, son pH est compris entre 6,6 et 6,8. Cependant, le lactose subit naturellement une dégradation biochimique progressive sous l'effet des bactéries, et il se transforme en acide lactique. En conséquence, plus le pH du lait est faible et moins il est frais.  L'industrie laitière utilise le degré Dornic pour quantifier l'acidité d'un lait. Cette unité doit son nom à Pierre Dornic (1864 – 1933), ingénieur agronome français. Un degré Dornic (1 °D) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.  Pour être considéré comme frais, un lait doit avoir une acidité inférieure ou égale à 18 °D. Entre 18 °D et 40 °D, le lait caille (il « tourne ») lorsqu'on le chauffe ; c'est la caséine qui flocule. Au-delà de 40 °D, il caille à température ambiante.  Les yaourts ont une acidité Dornic généralement comprise entre 80 °D et 100 °D. |
| Tableau de correspondance entre acidité Dornic et pH du lait :   |  |  | | --- | --- | | *Acidité Dornic* (°D) | pH | | Inférieure à 18 | Entre 6,6 et 6,8 | | 20 | 6,4 | | 24 | 6,1 | |

1. En utilisant les documents 4 et 5, indiquer si le lait est frais. Justifier précisément la réponse.
2. Lorsque l’on utilise la soude Dornic pour doser un lait de 18 °D, le volume équivalent est de 1,80 mL. En déduire l’intérêt pratique à choisir de la soude Dornic pour mesurer l'acidité d'un lait.

**PARTIES au choix du candidat (12 points)**

Vous indiquerez sur votre copie **les 2 parties choisies** : A, B, ou C.

**Partie A - Observation des bactéries présentes dans le lait à l’aide d’un microscope optique (6 points)**

On peut différencier un lait pasteurisé d’un lait cru en réalisant une coloration au bleu de méthylène, suivie d’une observation microscopique.

En effet, on peut observer les bactéries lactobacilles (lactobacillus) et les streptocoques lactiques (streptococcus thermophilus) responsables de la fermentation du lait, présentes en quantité plus importante dans un lait cru que dans un lait pasteurisé.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Document 6 :observation d’une goutte de lait au microscope optique** | | |
| Lactobacilles et streptocoques colorés au bleu de méthylène et observés au microscope optique de grossissement commercial × 1000. |  | Les lactobacilles se présentent sous forme de bâtonnets de taille moyenne 3 µm et les streptoco-ques sous forme de coques arron-dies formant des chaînettes de taille moyenne 1 µm. |
| ***D’après https://www.biotop.net/Microbio/TP/Bact\_lact\_obs.htm*** | | |

Pour observer ces bactéries, on utilise un microscope optique.

L’objectif et l’oculaire du microscope sont respectivement deux lentilles convergentes (L1)et (L2) de distances focales et et de centres optiques et .

On appelle intervalle optique, noté *Δ,* la distance qui sépare le foyer image de l’objectif et le foyer objet de l’oculaire.

Ce microscope est réglé pour donner une image à l’infini d’un objet réel , perpendiculaire à l’axe optique.

**Données :**

* Intervalle optique *Δ* = 160,0 mm
* Valeur absolue du grandissement de l’objectif = 40
* Grossissement de l’oculaire = 10

1. Préciser l’intérêt de former une image finale à l’infini.
2. Donner la position de l’image intermédiaire permettant l’observation de l’image à l’infini.
3. Compléter le schéma de principe du microscope sur le **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, montrant l’obtention de l’image intermédiaire donnée par l’objectif et de l’image finale . Justifier en traçant les rayons lumineux correspondants.
4. Définir le grandissement de l’objectif.

Par ailleurs, la relation donnant le grandissement *γ* de l’objectif est = .

1. Montrer que la valeur de la distance focale de l’objectif est 4,0 mm.

|  |  |
| --- | --- |
| La relation de conjugaison est : | * : foyer image de la lentille (L) * : point objet situé sur l’axe optique * : image de A par la lentille (L) |

1. En utilisant la relation de conjugaison, déterminer à quelle distance du centre optique de l’objectif il faut placer l’objet pour avoir une image finale à l’infini.

La relation donnant le grossissement commercial est .

1. Calculer le grossissement commercial .

Le pouvoir de résolution d’un microscope est limité par le phénomène de diffraction. La dimension *ABmin*du plus petit objet observable est donnée par la relation ci-dessous :

|  |  |
| --- | --- |
|  | * : longueur d’onde de la radiation utilisée * : ouverture numérique de l’objectif |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Valeur absolue du grandissement  de l’objectif | 10 | 20 | 40 | 100 |
| Ouverture numérique  de l’objectif | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,25 |

1. Déterminer la valeur de *min* pour l’objectif étudié sous une longueur d’onde = 500 nm.
2. Indiquer si les lactobacilles sont observables dans ces conditions. Même question avec les streptocoques. Justifier vos réponses.

**Partie B - Stockage du lait dans les « tanks » à lait (6 points)**

Le document 7 présente l’installation permettant la conservation du lait.

**Document 7 : installation pour la conservation du lait issu de la traite**

Tank à lait

Pompe à lait

Lait issu de

la traite

Filtre

Pompe à eau

**Échangeur**

**à plaques**

Eau

Unité réfrigérante

*D’après* ***www.fao.org***

1. **Étude de l’échangeur thermique du « tank » à lait**

Le lait issu de la traite est préalablement refroidi par l’intermédiaire d’un échangeur à plaques fonctionnant à contre-courant, dont le schéma se trouve sur le **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

1. Identifier le fluide chaud et le fluide froid dans cet échangeur thermique.
2. Compléter le schéma du **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE** en indiquant :
   * par des flèches le sens de circulation du lait sachant que le sens du fluide froid est indiqué (on note *Tfe* la température d’entrée et *Tfs* celle de sortie) ;
   * les températures d’entrée et de sortie du lait dans l’échangeur, notées respectivement *Tle* et *Tls*.
3. Citer les modes de transferts thermiques mis en jeu dans cet échangeur.
4. Parmi les deux profils de température ci-après, indiquer celui qui correspond au fonctionnement de l’échangeur thermique étudié. Justifier la réponse.

|  |  |
| --- | --- |
| **Document 8 : profils de température** | |
| T (°C)  T (°C)  *Extrémité 1*  *Extrémité 2*  *Tle*  *Tfs*  *Tls*  *Tfe* | T (°C)  T (°C)  *Extrémité 1*  *Extrémité 2*  *Tfs*  *Tle*  *Tls*  *Tfe* |
| ***Profil de température 1*** | ***Profil de température 2*** |

1. **Étude des parois de la cuve du « tank » à lait**

L'utilisation dans les fermes du « tank » pour réfrigérer et conserver le lait s'est développée depuis 1945. Le procédé consiste à verser le lait, au fur et à mesure de la traite, dans un « tank » assurant automatiquement et rapidement sa réfrigération, puis sa conservation à basse température.

|  |  |
| --- | --- |
| **Document 9 : description d’un « tank » à lait** | |
| Un « tank » réfrigéré se compose essentiellement de deux parties :   * une cuve isolée (composée de deux parois d’acier inoxydable d’épaisseur 3,0 mm chacune entre lesquelles se trouve une couche de 76 mm de mousse de polyuréthane expansée) dont la forme est considérée comme cylindrique ; * un système de régulation permettant de refroidir le lait et de maintenir sa température constante.   Lorsque la cuve est remplie, son isolation thermique doit permettre de maintenir une température du lait voisine de 4 °C. Celle-ci ne doit pas augmenter de plus de 1 °C en 24 heures pour une température extérieurede 32°C même en cas de coupure d’électricité. | FIRST.SC  *D’après* ***www.groupeserap.fr*** |
| Diamètre de la cuve  *d* = 80 cm  Longueur de la cuve  *L* = 170 cm |
| *D’après* [***www.fao.org***](http://www.fao.org)*, revue « Technical and investment guidelines for milk cooling centres »* | |
|  | |

|  |
| --- |
| **Document 10 : formulaire** |
| |  |  | | --- | --- | | Variation d’énergie thermique (en J) | Résistance thermique globale  (en KW−1) | | avec :  *m*: *masse* d’une substance (en kg)  : capacité thermique massique de la substance (en Jkg−1K−1)  et  : températures finale et initiale (en °C) | avec :  : conductivité thermique (en Wm−1K−1)   : surface de la paroi (en m²)   : épaisseur (en m) |  |  | | --- | | Puissance thermique (en W) *–* parfois appelée flux thermique *ϕ* | | avec :: différence de température entre les deux parois considérées   : résistance thermique globale de la paroi (en KW−1) |  |  |  | | --- | --- | | Aire d’un disque de rayon *r* | Périmètre d’un cercle de rayon *r* | | *= π r²* | *= 2π r* | |

**Données :**

* Masse volumique du lait : *ρlait* = 1,03 kgL−1
* Capacité thermique massique du lait : *lait* = 3,8103 Jkg−1K−1
* Valeurs des conductivités thermiques de :
  + - l’acier inoxydable *: acier* = 16,3 Wm−1K−1
    - la mousse de polyuréthane expansée : *mousse*= 0,023 Wm−1K−1

On cherche à déterminer si les parois de la cuve du « tank » sont suffisamment isolées en cas de coupure d’électricité. On considère que la cuve est remplie de 450 L de lait.

1. D’après le schéma du document 9 et en considérant que la cuve est cylindrique, montrer que la valeur de l’aire de la surface totale extérieure de la cuve est d’environ 5,3 m².

Pour calculer la valeur de la résistance thermique globale de la paroi, on considérera que les surfaces des différents matériaux la constituant ont toutes une aire égale à 5,3 m².

1. Montrer alors que la valeur de la résistance thermique globale de la paroi de la cuve est de 0,62 KW−1.
2. Déterminer la valeur de la puissance thermique échangée *Pth* à travers la paroi de la cuve lorsque la température extérieure est de 32,0 °C et que le lait est à 4,0 °C à l’intérieur.
3. En déduire que la valeur de l’énergie thermique reçue en 24 heures par le lait est égale à 3,9106 J.
4. Déterminer alors la valeur de l’augmentation de température du lait dans la cuve au bout de 24 heures.
5. Conclure sur l’efficacité de l’isolation de la cuve.

**Partie C - Étude d’un lait aromatisé à l’ananas (6 points)**

On cherche à étudier un arôme alimentaire d’ananas utilisé par l’industrie laitière dans les laits aromatisés ou les yaourts dont le principal ingrédient est le butanoate d’éthyle*.* Sa formule semi-développée est donnée ci-dessous.

C

H

3

C

H

2

C

H

2

C

O

O

C

H

2

C

H

3

1. Nommer la réaction chimique permettant de synthétiser cette famille de molécules ?

|  |
| --- |
| **Document 11 : équation de la réaction de synthèse du butanoate d’éthyle** |
| |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | + | **A** |  |  | + H2O |  | | *éthanol (noté* **B***)* |  |  |  | C  H  3  C  H  2  C  H  2  C  O  O  C  H  2  C  H  3  *butanoate d’éthyle (noté* **D***)* |  |  | |

1. Indiquer la formule semi-développée du réactif **A** permettant de compléter l’équation de la réaction de synthèse du butanoate d’éthyle.
2. Dans le **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, ajouter les flèches courbes (une seule flèche sur chaque étape) illustrant le mouvement de doublet d’électrons de l’étape 1 et de l’étape 2.
3. Parmi les termes suivants choisir le terme correspondant à l’étape 4 :

*réduction addition substitution élimination*

1. Préciser le rôle du catalyseur.
2. À l’aide du mécanisme réactionnel, identifier le catalyseur de cette réaction. Justifier votre réponse.

La synthèse du butanoate d’éthyle est réalisée de la façon suivante :

|  |
| --- |
| **Document 12 : protocole opératoire utilisé pour la synthèse du butanoate d’éthyle** |
| * Une quantité de matière *nA* = 0,500 mol de réactif **A** et un volume *VB* = 100 mL d’éthanol (**B**) sont introduits dans un ballon de 250 mL. Une masse de 0,42 g d’acide paratoluène sulfonique (jouant le même rôle que l’acide sulfurique H2SO4) est ajoutée. * Le mélange est chauffé à reflux pendant 2 heures. * Après isolement du produit brut, le butanoate d’éthyle est purifié. * La masse de butanoate d’éthyle ainsi obtenue est *mD* = 31,9 g. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Document 13 : caractéristiques physiques des composés** | |
| éthanol | butanoate d’éthyle |
| * liquide incolore * masse volumique : *ρB* = 0,789 g.mL–1 * masse molaire : *MB* = 46,06 g.mol–1 * température d’ébullition : *Teb* (**B**) = 79 °C à la pression de 1 bar | * liquide incolore * masse molaire : *MD* = 116,12 g.mol–1 * température d’ébullition :   *Teb* (**D**) = 121 °C à la pression de 1 bar |

1. Indiquer une méthode de purification possible du butanoate d’éthyle obtenu dans la synthèse étudiée, en justifiant votre réponse.

L’analyse par spectroscopie IR du produit purifié a donné les résultats suivants :

|  |
| --- |
| **Document 14 : spectre IR du produit purifié** |
| en cm-1 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Document 15 : table des nombres d’onde des vibrations en spectroscopie infrarouge** | | |
| Liaison | Nature de la vibration | Nombre d’onde (en cm−1) |
| O-H | Élongation | 3200-3600 |
| Ctri-H | Élongation | 3030-3100 |
| Ctet-H | Élongation | 2850-2970 |
| O-H acide carboxylique | Élongation | 2500-3200 |
| C=O ester | Élongation | 1735-1750 |
| C=O aldéhyde / cétone | Élongation | 1700-1740 |
| C=O acide carboxylique | Élongation | 1700-1725 |
| C=C | Élongation | 1620-1690 |
| Ctet-H | Déformation | 1430-1470 |
| Ctet-H (CH3) | Déformation | 1370-1390 |
| Ctet-OH | Élongation | 1010-1200 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ctet : C tétragonal |  | Ctri : C trigonal |  |

1. À partir du spectre infrarouge, indiquer si le butanoate d’éthyle obtenu est pur. Justifier votre réponse.
2. Montrer que le rendement de la synthèse dans ces conditions est de 55 %.
3. Citer une méthode permettant d’augmenter le rendement de la réaction.

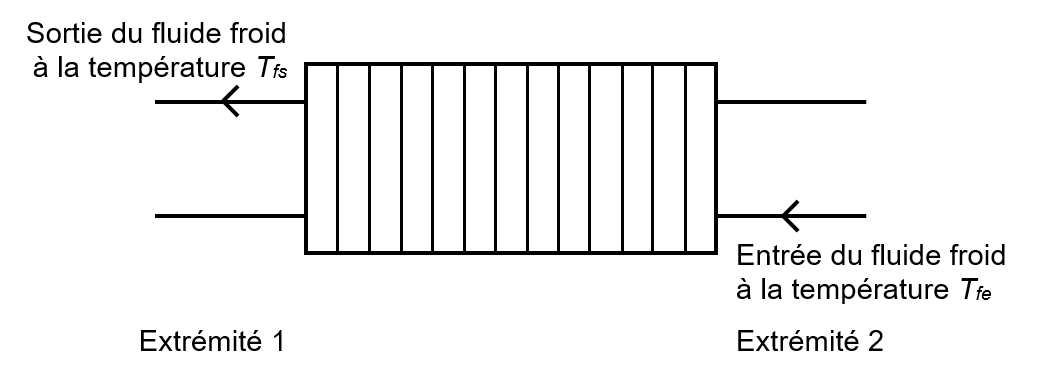
**DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**

**(2 pages)**

**Partie A – Observation des bactéries présentes dans le lait à l’aide d’un microscope optique (l’échelle n’est pas respectée)**



**Partie B – Étude de l’échangeur thermique du tank à lait**



***Schéma de l’échangeur thermique à plaques***

**Partie C – Étude d’un lait aromatisé à l’ananas**

Mécanisme de la synthèse du butanoate d’éthyle

|  |  |
| --- | --- |
| ***étape 1*** |  |
| ***étape 2*** |  |
| ***étape 3*** |  |
| ***étape 4*** |  |
| ***étape 5*** |  |