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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BUT Chimie, veuillez visiter :
butchimie.fr/annales-sujets-et-corriges

BACHELOR UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

CHIMIE

ÉPREUVE DE CONTRÔLE DES ACQUIS : C2, SYNTHÉTISER DES MOLÉCULES

SESSION 2026

Durée : 2 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
CHIMIE	3,0 INDICATIF

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : LABORATOIRE PÉDAGOGIQUE DE SYNTHÈSE ORGANIQUE, DÉPARTEMENT CHIMIE DE L'IUT LYON 1, SITE DE VILLEURBANNE

Le laboratoire prépare une série pilote d'acétate d'isoamyle destinée à une étude de caractérisation de composés odorants. Vous êtes chargé de préparer une synthèse par estérification, d'en suivre l'avancement, de proposer un traitement du milieu réactionnel et de rendre compte du rendement obtenu.

Le cahier des charges de la série pilote impose une charge de 10,0 mL de 3-méthylbutan-1-ol, l'emploi d'un catalyseur acide, un chauffage à reflux, un suivi par chromatographie sur couche mince et une caractérisation du produit isolé. La masse de produit recueillie après purification est de 8,40 g. Les consignes de prévention et de gestion des déchets du laboratoire doivent être respectées.

Le référentiel national du BUT Chimie définit C2 comme la compétence « Synthétiser des molécules ». Il ne fixe pas une épreuve nationale unique, une durée ni un coefficient propres à C2. Les modalités indiquées dans ce sujet sont celles retenues pour cette évaluation.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (4 points)

Identifier la transformation, les rôles des espèces et les exigences de laboratoire

La transformation étudiée est l'estérification du 3-méthylbutan-1-ol par l'acide éthanoïque. Elle est catalysée par l'acide sulfurique et forme de l'acétate d'isoamyle et de l'eau. Les données de réactifs et les consignes du laboratoire sont présentées dans le dossier technique.

1.1 (1,5 point) Écrire l'équation bilan équilibrée de la transformation en utilisant les formules semi-développées des réactifs et des produits. Identifier le réactif limitant prévu à partir des quantités initiales fournies dans le DT 2.

1.2 (1,5 point) Pour chacun des éléments suivants, indiquer son rôle dans l'opération : 3-méthylbutan-1-ol, acide éthanoïque, acide sulfurique, pierre ponce. Préciser pourquoi l'acide sulfurique est ajouté en petite quantité et n'est pas comptabilisé comme réactif stœchiométrique.

1.3 (1 point) À partir du DT 2, relever deux dangers associés aux produits employés et citer une mesure de prévention adaptée à chacun. Indiquer également la filière de déchets à retenir pour les phases organiques et pour les solutions aqueuses de lavage après neutralisation.

PARTIE 2 : Étude technologique et calculs de synthèse (6 points)

Calculer les quantités de matière, le rendement et le coût de la charge

Les données numériques nécessaires sont regroupées dans le DT 2. Pour les calculs, conserver au moins trois chiffres significatifs et présenter les unités. On utilisera les relations suivantes : $n = m/M$, $m = \rho V$, $V = m/\rho$ et $R = (m_{obtenue}/m_{théorique}) \times 100$.

Données de production et tarifs unitaires

Produit	Volume engagé	Masse volumique	Tarif unitaire
3-méthylbutan-1-ol	10,0 mL	0,810 g·mL^{-1}	42,00 €·L^{-1}
Acide éthanoïque	15,0 mL	1,049 g·mL^{-1}	18,00 €·L^{-1}
Acide sulfurique à 98 % massique	0,50 mL	1,84 g·mL^{-1}	12,00 €·L^{-1}
Acétate d'isoamyle isolé	8,40 g	0,876 g·mL^{-1}	Non applicable

Extrait du dossier technique DT 2. Les tarifs sont fournis pour le calcul de coût matière de la charge initiale.

2.1 (2 points) Calculer les quantités de matière initiales de 3-méthylbutan-1-ol et d'acide éthanoïque à partir des volumes, masses volumiques et masses molaires du DT 2. Déterminer le réactif limitant et justifier la réponse par comparaison des quantités de matière rapportées aux coefficients stœchiométriques.

2.2 (1,5 point) Calculer la masse théorique maximale d'acétate d'isoamyle. On considère une conversion stœchiométrique de 1 mol d'alcool en 1 mol d'ester et on néglige les pertes avant isolement.

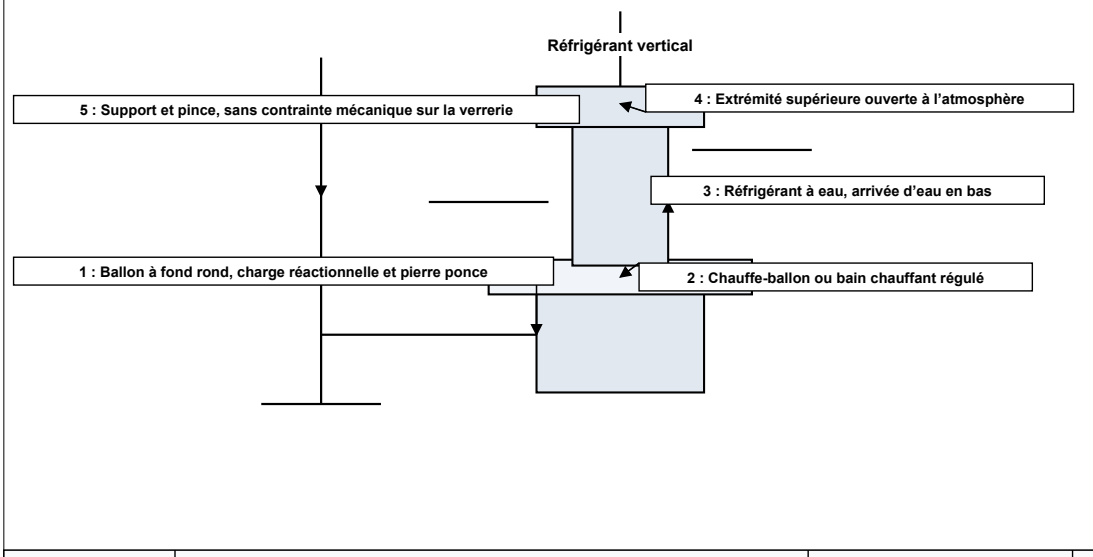
2.3 (1,5 point) À partir de la masse isolée de 8,40 g, calculer le rendement de la synthèse. Calculer également le volume correspondant d'acétate d'isoamyle isolé à l'aide de sa masse volumique fournie dans le DT 2.

2.4 (1 point) Calculer le coût des trois produits engagés dans la charge initiale, sans inclure les solvants de lavage ni les consommables. Donner le résultat en euros, arrondi au centime.

PARTIE 3 : Préparation du protocole opératoire (6 points)

Préparer le montage, suivre la réaction et organiser l'isolement du produit

Le montage de chauffage à reflux est représenté dans le DT 1. Le protocole opératoire et les données de suivi sont fournis dans le DT 3. Les opérations doivent être décrites dans un ordre logique, avec les contrôles nécessaires avant de passer à l'étape suivante.



DT 1	Schéma de principe du montage de chauffage à reflux	Éch. : schéma de principe, non à l'échelle	Unité : mm

Résultats du suivi par CCM

Prélèvement	Tache attribuée au 3-méthylbutan-1-ol	Tache attribuée à l'acétate d'isoamyle	Observation
Départ	Rf = 0,62, intense	Absente	Référence de départ
Après 30 min de reflux	Rf = 0,62, moyenne	Rf = 0,78, moyenne	Deux taches visibles
Après 60 min de reflux	Rf = 0,62, très faible	Rf = 0,78, intense	La tache de départ est presque disparue

Plaque de silice, éluant cyclohexane/acétate d'éthyle 8:2 en volume. Le rapport frontal est défini par $R_f = d_{tache}/d_{front}$.

3.1 (1,5 point) À partir du DT 1, décrire le rôle du réfrigérant et indiquer le sens de circulation de l'eau. Citer deux vérifications à effectuer avant la mise en chauffe du montage.

3.2 (1,5 point) À partir des résultats de CCM, comparer l'état de la réaction après 30 min et après 60 min. Indiquer si le suivi à 60 min est compatible avec une fin de réaction selon le critère fourni dans le DT 3.

3.3 (2 points) Rédiger les étapes essentielles de l'opération, dans l'ordre, depuis la préparation de la charge jusqu'au produit purifié : mise en place du reflux, suivi, refroidissement, traitement en ampoule à décanter, séchage et purification. Préciser les précautions nécessaires lors du dégazage après lavage au bicarbonate de sodium.

3.4 (1 point) Indiquer deux contrôles de caractérisation adaptés au produit isolé parmi ceux proposés dans le DT 3 et préciser, pour chacun, l'information qu'il apporte sur l'identité ou la pureté du produit.

PARTIE 4 : Prévention et gestion des risques (4 points)

Sécuriser les opérations et gérer les incidents et déchets

Les opérations comportent des produits corrosifs ou inflammables, un chauffage et une étape de dégazage en ampoule à décanter. Les consignes du laboratoire, les fiches de données de sécurité disponibles et les principes généraux de prévention du Code du travail s'appliquent.

4.1 (1,5 point) Proposer les équipements de protection individuelle et les mesures collectives nécessaires pendant la préparation de la charge et le chauffage à reflux. Justifier la nécessité de travailler sous sorbonne pour les opérations présentant des émissions de vapeurs.

4.2 (1,5 point) Lors du lavage de la phase organique par une solution de bicarbonate, l'ampoule à décanter se met sous pression. Décrire la conduite à tenir immédiate, puis expliquer l'origine de la surpression. Donner une conduite à tenir adaptée en cas de projection d'acide sulfurique sur la peau.

4.3 (1 point) Classer les déchets suivants dans la filière appropriée indiquée au DT 2 : phase organique contenant l'ester et le solvant d'extraction, solution aqueuse de lavage neutralisée, dessicant usagé contaminé. Préciser pourquoi aucun rejet ne doit être fait à l'évier sans autorisation de la procédure locale.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : MONTAGE DE SYNTHÈSE ET CHAUFFAGE À REFLUX

Le montage de principe est représenté dans la partie 3. Il comprend un ballon à fond rond contenant la charge réactionnelle et quelques grains de pierre ponce, un dispositif de chauffage régulé et un réfrigérant à eau vertical. L'eau entre par l'orifice inférieur et sort par l'orifice supérieur. Le haut du réfrigérant reste ouvert à l'atmosphère : le montage ne doit jamais être fermé.

Le ballon et le réfrigérant sont maintenus par un support et des pinces adaptés. Les pinces ne doivent ni écraser les joints ni imposer de contrainte mécanique à la verrerie. La circulation d'eau est vérifiée avant le chauffage.

DT 2 : DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES, QUANTITÉS ET PRÉVENTION

Réaction étudiée : 3-méthylbutan-1-ol + acide éthanoïque ⇌ acétate d'isoamyle + eau. La stœchiométrie des espèces organiques est 1:1:1:1. L'acide sulfurique est employé comme catalyseur. Données utilisables à température ambiante, sauf indication contraire.

Caractéristiques techniques des réactifs et du produit

Espèce	Formule	M molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	Masse volumique ($g \cdot mL^{-1}$)	Donnée de danger utile à l'analyse
3-méthylbutan-1-ol	C5H12O	88,15	0,810	Liquide inflammable et irritant
Acide éthanoïque	C2H4O2	60,05	1,049	Liquide inflammable et corrosif à forte concentration
Acide sulfurique à 98 % massique	H2SO4	98,08	1,84	Corrosif, provoque de graves brûlures
Acétate d'isoamyle	C7H14O2	130,19	0,876	Liquide inflammable, éviter l'inhalation des vapeurs
Eau	H2O	18,02	1,00	Produit de réaction

Valeurs fournies pour les calculs de l'épreuve. Consulter les étiquettes et fiches de données de sécurité au laboratoire avant toute manipulation.

Consignes de prévention et filières déchets du laboratoire

Situation ou déchet	Consigne fournie
Manipulation des réactifs et du produit	Blouse fermée, lunettes de protection et gants compatibles avec les produits manipulés
Transvasement de produits volatils ou corrosifs	Effectuer sous sorbonne avec écran abaissé autant que possible
Acide sulfurique concentré	Éviter toute projection; en dilution éventuelle, verser lentement l'acide dans l'eau, jamais l'inverse
Phase organique et solvants organiques	Collecteur identifié pour déchets organiques non halogénés
Solution aqueuse de lavage neutralisée	Collecteur de déchets aqueux selon la procédure locale; pas de rejet à l'évier sans autorisation
Dessicant solide contaminé	Collecteur de déchets solides chimiques contaminés
Projection sur la peau	Rincer immédiatement et abondamment à l'eau, retirer les vêtements contaminés si cela peut être fait sans risque, alerter l'encadrant et appliquer la procédure d'urgence du site

Consignes applicables à la situation décrite. Les règles internes de tri et les consignes des fiches de données de sécurité prévalent pour la manipulation réelle.

DT 3 : TRAME OPÉRATOIRE, SUIVI DE RÉACTION ET CARACTÉRISATION

Charge de la synthèse : 10,0 mL de 3-méthylbutan-1-ol, 15,0 mL d'acide éthanoïque, 0,50 mL d'acide sulfurique à 98 % et quelques grains de pierre ponce. Chauffage à reflux sous sorbonne pendant une durée indicative de 60 min, sous surveillance.

Après refroidissement, transférer le milieu dans une ampoule à décanter. Ajouter une portion de 20 mL de solution aqueuse de bicarbonate de sodium à 5 % massique, agiter doucement puis dégazer fréquemment en orientant l'ampoule loin de soi et des autres personnes. Répéter le lavage si l'effervescence reste importante. Séparer les phases, laver la phase organique avec 10 mL de saumure, puis sécher sur sulfate de magnésium anhydre. Filtrer le dessicant. La purification prévue pour cette série est une distillation fractionnée sous pression atmosphérique, sans chauffage à flamme nue.

Pour le suivi par CCM, déposer séparément le témoin de départ et le prélèvement réactionnel. Le critère de fin de réaction retenu dans cette série est la quasi-disparition de la tache attribuée à l'alcool de départ, accompagnée de la présence de la tache attribuée à l'ester. Les valeurs de Rf et observations sont fournies dans la partie 3.

Caractérisations disponibles : spectre infrarouge pour rechercher la bande carbonyle d'un ester et la diminution de la large bande O - H de l'alcool; chromatogramme GC-FID comparé à un étalon pour vérifier le temps de rétention et estimer la pureté; indice de réfraction mesuré à température contrôlée et comparé à une valeur de référence de lot.

Séquence opératoire et points de contrôle

Étape	Opération	Point de contrôle
1	Vérifier la verrerie, le montage et la circulation d'eau; introduire la charge et la pierre ponce	Montage stable, réfrigérant ouvert en haut, arrivée d'eau en bas
2	Chauffer à reflux sous surveillance pendant environ 60 min	Suivre l'avancement par CCM; ne pas laisser le chauffage sans surveillance
3	Refroidir avant transfert et lavage en ampoule à décanter	Ne pas introduire un milieu chaud dans l'ampoule
4	Laver au bicarbonate puis à la saumure; séparer les phases	Dégazer fréquemment pendant le lavage au bicarbonate
5	Sécher la phase organique sur sulfate de magnésium anhydre et filtrer	La phase organique doit être limpide et débarrassée du dessicant
6	Purifier par distillation fractionnée puis caractériser	Écarter toute source de flamme; consigner masse, observations et résultats analytiques

Données de préparation fournies pour organiser la synthèse et le traitement du milieu réactionnel.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : calculs de synthèse **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau en indiquant les formules, les calculs, les unités et les résultats demandés aux questions 2.1 à 2.4. Les cases comportant « ... » sont à compléter par le candidat.

Tableau de calcul des quantités et du rendement

Grandeur	Formule ou démarche	Résultat avec unité
Quantité de matière de 3-méthylbutan-1-ol	.....	.....
Quantité de matière d'acide éthanoïque	.....	.....
Réactif limitant	.....	.....
Masse théorique d'acétate d'isoamyle	.....	.....
Rendement de la synthèse	.....	.....
Volume d'acétate d'isoamyle isolé	.....	.....
Coût total de la charge initiale	.....	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : préparation et sécurité

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter les tableaux pour les questions 1.2, 1.3, 3.3, 3.4 et 4.3. Les réponses doivent être formulées de manière concise et opérationnelle. Les cases comportant « ... » sont à compléter par le candidat.

Rôles des espèces et filières de déchets

Élément ou déchet	Rôle, danger ou filière à préciser
3-méthylbutan-1-ol	.....
Acide éthanoïque	.....
Acide sulfurique	.....
Pierre ponce	.....
Phase organique contenant l'ester et le solvant	.....
Solution aqueuse de lavage neutralisée	.....
Dessicant usagé contaminé	.....

Ordre opératoire et caractérisations

Rang ou analyse	Réponse du candidat
1. Montage et charge	.....
2. Chauffage et suivi	.....
3. Refroidissement et lavage	.....
4. Séchage, filtration et purification	.....
Caractérisation 1 et information obtenue	.....
Caractérisation 2 et information obtenue	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.