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

BUT Chimie

BUT Chimie : compétence C4

Session 2026 • Code sujet : **26-BUT-CHIM-EP1** • Durée : **3 heures** • Coefficient : **3,0**
indicatif

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Analyse du procédé et exigences de production (3 questions) **Page 3**

2. Bilans matière, dimensionnement et indicateurs de production (5 questions) **Page 5**

3. Préparation de fabrication et suivi analytique (4 questions) **Page 8**

4. Prévention, sécurité et amélioration environnementale (3 questions) **Page 11**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://butchimie.fr/assets/annales/but-chimie/C4 - Produire des composés intermédiaires et des produits finis/2026/BUT Chimie - C4 - Produire des composés intermédiaires et des produits finis - Session 2026 - 1-Sujet.pdf

1. Analyse du procédé et exigences de production

L'épreuve étudie un lot discontinu d'acétate d'éthyle produit par estérification de l'acide éthanoïque par l'éthanol, avec de l'acide sulfurique comme catalyseur. Il faut analyser les matières, les équipements, les flux et les exigences de conformité du produit fini.

Partie 1

Question 1.1. Identifier les deux réactifs, le produit recherché, le sous-produit principal et le rôle du catalyseur. Classer les équipements principaux représentés au DT 1 selon leur fonction dans la fabrication.

L'estérification réversible met en jeu l'éthanol et l'acide éthanoïque. Elle produit l'acétate d'éthyle recherché et l'eau comme sous-produit principal. L'acide sulfurique accélère la réaction en catalysant sa transformation, sans être consommé ni entrer dans le bilan stœchiométrique. Les fonctions des équipements sont les suivantes :

Repère	Équipement	Fonction
1	Réacteur agité	Réaliser la réaction et homogénéiser le mélange
2	Condenseur	Condense les vapeurs de tête
3	Colonne de distillation	Sépare le produit des fractions résiduelles
4	Récepteur	Recueille le produit séparé
5	Circuit d'eau	Refroidit le condenseur
Agitateur et sonde	Équipements du réacteur	Homogénéiser et suivre la température du lot

✓ RÉPONSE À RETENIR

Réactifs : éthanol et acide éthanoïque. Produit recherché : acétate d'éthyle. Sous-produit : eau. H_2SO_4 : catalyseur. Les équipements assurent réaction, séparation, condensation, collecte et refroidissement.

Question 1.2. Établir sur le schéma du DT 1 le sens des flux de matière et des utilités, puis indiquer quels flux suivre pendant la réaction et la distillation pour assurer la traçabilité du lot.

Suivre les matières premières et le catalyseur jusqu'au réacteur, puis le mélange réactionnel vers la séparation. En distillation, suivre les vapeurs de tête vers le condenseur, le condensat vers le récepteur et les fractions résiduelles séparément. L'eau de refroidissement traverse le condenseur de 18 °C à 28 °C.

Consigner les identifiants et quantités des matières, les paramètres et relevés de réaction, les paramètres de distillation, les flux et masses recueillis, les données de refroidissement, les prélèvements et les écarts dans le dossier de lot. Le schéma étant fonctionnel, les raccordements détaillés relèvent des plans et procédures approuvés.

Flux de matière et utilités du procédé

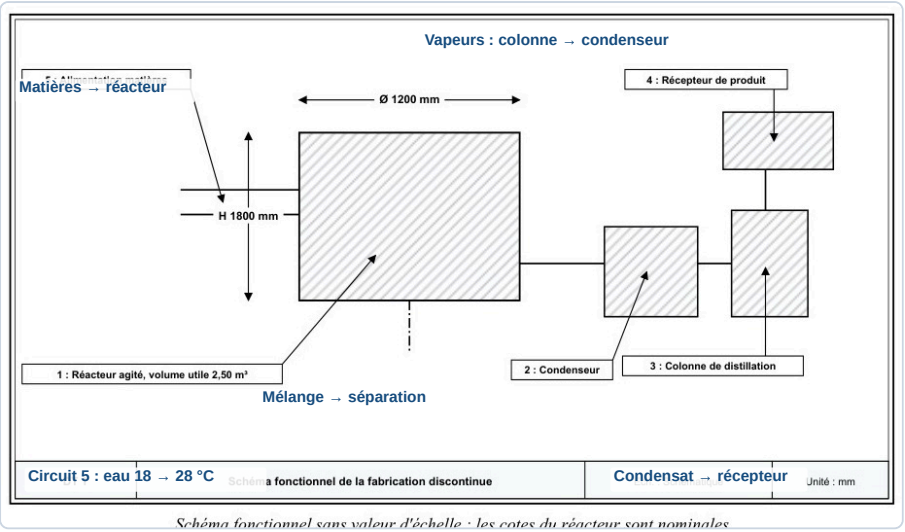


Schéma fonctionnel sans valeur d'échelle ; les cotes du réacteur sont nominales.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Tracer les matières entrantes, le mélange transféré, les fractions de distillation, le produit recueilli et l'eau de refroidissement, avec leurs paramètres et identifiants dans le dossier de lot.

Question 1.3. À partir du cahier des charges et du DT 2, indiquer les critères permettant d'accepter ou de refuser le produit fini. Citer une mesure de suivi en cours de fabrication et une analyse de libération du lot adaptées à ces critères.

Critère	Acceptation	Contrôle adapté
Fraction massique en acétate d'éthyle	Au moins 98,0 % m/m	Chromatographie en phase gazeuse étalonnée
Fraction massique en eau	Au plus 0,20 % m/m	Titrage Karl Fischer
Aspect	Liquide limpide, sans phase visible	Examen visuel
Traçabilité	Matières, paramètres critiques, prélèvements et décisions enregistrés	Dossier de lot

Le lot est acceptable si chacun de ces critères est satisfait et si sa traçabilité est complète. En cours de fabrication, la température du réacteur, enregistrée en continu, constitue une mesure de suivi adaptée. Pour la libération, analyser un prélèvement représentatif et identifié par chromatographie en phase gazeuse pour le dosage et par Karl Fischer pour l'eau ; vérifier également l'aspect selon la procédure du site.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Acceptation : acétate d'éthyle ≥ 98,0 % m/m, eau ≤ 0,20 % m/m, liquide limpide sans phase visible et dossier de lot complet.

2. Bilans matière, dimensionnement et indicateurs de production

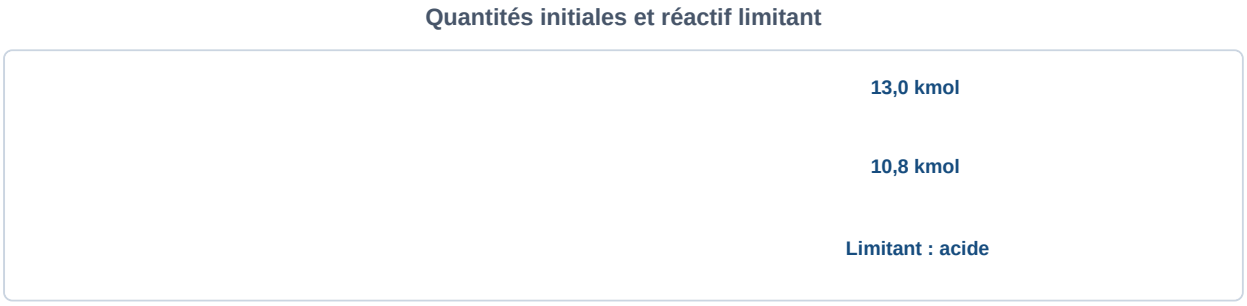
Les données de charge, de conversion et de sélectivité servent à établir les bilans matière de la fabrication. La partie demande aussi d'exploiter la masse et le dosage du produit récupéré, ainsi que les données de refroidissement du condenseur.

Partie 2

Question 2.1. Calculer les quantités de matière initiales d'éthanol et d'acide éthanoïque, déterminer le réactif limitant et justifier la réponse en comparant les quantités stœchiométriques.

Espèce	Calcul	Quantité initiale
Éthanol	600 / 46,07	13,0 kmol
Acide éthanoïque	650 / 60,05	10,8 kmol

La réaction est stœchiométrique 1:1 entre l'acide et l'éthanol : les avancements possibles se comparent directement aux deux quantités initiales. L'acide éthanoïque, présent en quantité stœchiométrique plus faible, est limitant ; l'éthanol est en excès. Le catalyseur sulfurique est exclu du bilan stœchiométrique et ne modifie pas cette comparaison.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Quantités initiales : éthanol 13,0 kmol et acide éthanoïque 10,8 kmol ; réactif limitant : acide éthanoïque.

Question 2.2. Calculer la masse théorique d'acétate d'éthyle formée en tenant compte de la conversion et de la sélectivité indiquées. Présenter explicitement les relations utilisées : n = m/M et m = nM.

La quantité d'acide convertie est obtenue par n = m/M, puis multipliée par la conversion de 90,0 %. La sélectivité de 96,0 % donne la quantité d'ester produite : (650/60,05) × 0,900 × 0,960 = 9,35 kmol. La stœchiométrie acide/ester étant de 1:1, cette quantité correspond à celle d'acétate d'éthyle. Enfin, avec m = nM et M = 88,11 kg·kmol^{-1}, la masse théorique formée est 824 kg, à trois chiffres significatifs.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Résultat théorique après conversion et sélectivité : 9,35 kmol d'acétate d'éthyle, soit 824 kg formés.

Question 2.3. Calculer la masse d'acétate d'éthyle contenue dans les 780 kg de produit fini, puis déterminer le taux de récupération entre la quantité formée estimée à la question 2.2 et la quantité recueillie dans le produit fini, selon R = m recueillie / m formée × 100.

La fraction massique du produit fini est de 98,0 %, soit 0,980. La masse d'acétate d'éthyle recueillie se calcule donc par 780 × 0,980 = 764,4 kg. Pour le taux de récupération, on divise cette masse recueillie par la masse théorique formée en 2.2, calculée sans arrondir, puis on multiplie par 100. Le taux obtenu est présenté à trois chiffres significatifs ; il s'agit d'une récupération par rapport à l'ester estimé comme formé.

Masse recueillie et taux de récupération

764,4 kg

R = 92,8 %

✓ RÉPONSE À RETENIR

Acétate d'éthyle recueilli : 764,4 kg ; taux de récupération par rapport à la masse théorique formée : 92,8 %.

Question 2.4. Calculer le volume nominal correspondant à 780 kg de produit fini à l'aide de V = m/ρ. Déterminer si le produit fini respecte le critère de dosage en acétate d'éthyle du cahier des charges et justifier.

Grandeur	Application	Résultat
Volume nominal	780 / 902	0,865 m³
Dosage en acétate d'éthyle	Comparaison au minimum requis	98,0 % m/m

Avec la masse volumique fournie à 20 °C, V = m/ρ = 780/902. Le dosage mesuré de 98,0 % m/m est comparé à l'exigence minimale du cahier des charges, elle aussi égale à 98,0 % m/m. L'égalité au seuil satisfait donc ce critère de dosage. Cette conclusion concerne uniquement la fraction massique en acétate d'éthyle, pas les autres critères de libération du lot.

Volume nominal du produit fini

0,865 m³

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume nominal : 0,865 m³ ; dosage en acétate d'éthyle conforme, car égal au minimum requis de 98,0 %.

Question 2.5. **Calculer la masse d'eau de refroidissement nécessaire pour évacuer 840 MJ avec Q = m_eau c_p ΔT, en convertissant les unités de manière cohérente. Indiquer une vérification opérationnelle à effectuer si le débit d'eau réellement disponible est inférieur au besoin calculé.**

On exprime d'abord la chaleur en kilojoules : 840 MJ = 840 000 kJ. La variation de température vaut 28 − 18 = 10 K. Avec $Q = m_{eau} c_p \Delta T$, on obtient $m_{eau} = 840\,000/(4{,}18 \times 10) = 20\,096$ kg, soit $2{,}01 \times 10^4$ kg à trois chiffres significatifs. Si le débit disponible est inférieur au besoin, vérifier le débit réel et les températures d'entrée et de sortie, puis appliquer la procédure du site avant toute poursuite de la distillation.

Besoin en eau de refroidissement

20 096 kg

✓ RÉPONSE À RETENIR

Besoin calculé : $2{,}01 \times 10^4$ kg d'eau. Si le débit est insuffisant, vérifier le refroidissement et appliquer la procédure du site avant poursuite.

3. Préparation de fabrication et suivi analytique

Le candidat prépare la fabrication d'un nouveau lot dans l'atelier pilote et doit renseigner les documents de suivi. Les contrôles qualité reposent notamment sur la chromatographie en phase gazeuse pour l'acétate d'éthyle et le titrage Karl Fischer pour l'eau.

Partie 3

Question 3.1. Dans le DR 1, rédiger les étapes essentielles et ordonnées de préparation, de chargement, de réaction, de séparation et de conditionnement du lot. Pour chaque étape, indiquer au moins un paramètre à surveiller ou une vérification à consigner. Ne pas proposer de consigne de manipulation incompatible avec les fiches de données de sécurité.

Compléter le DR 1 dans l'ordre, selon les procédures du site et les FDS :

1. Vérifier l'état, la propreté et la disponibilité des équipements.
2. Contrôler l'identité, les lots et les quantités des matières.
3. Charger le réacteur par transfert fermé, selon la séquence prévue ; vérifier les raccordements et consigner les quantités.
4. Conduire la réaction sous agitation à la consigne de 78 °C ; enregistrer les paramètres et signaler tout écart.
5. Distiller à pression atmosphérique en surveillant la conduite et le refroidissement du condenseur.
6. Prélever un échantillon représentatif et identifié, effectuer les contrôles, puis conditionner le produit après décision de conformité. Tracer résultats et écarts.

DR 1 complété : préparation et suivi du lot

Préparation et suivi du lot

Étape	Opération ou vérification à effe	Paramètre ou preuve à con
1. Préparation de l'installation	État, propreté, disponibilité	Vérifications consignées
2. Vérification et identification des matières	Identité, lots, quantités	Matières vérifiées
3. Chargement du réacteur	Transfert fermé, raccords contrôlés	Quantités chargées
4. Conduite de la réaction	Agitation, consigne 78 °C	Température, écarts
5. Séparation par distillation	Distillation, refroidissement	Paramètres suivis
6. Prélèvement, contrôle et conditionnement	Prélèvement, contrôles, conditionnemen	Résultats, décision tracés

✓ RÉPONSE À RETENIR

Installation vérifiée, matières identifiées, lot suivi, produit séparé, contrôlé, conditionné et tracé.

Question 3.2. **Choisir, parmi les techniques indiquées, une méthode adaptée au dosage de l'acétate d'éthyle et une méthode adaptée à la teneur en eau. Pour chacune, préciser le mesurande et la décision de conformité à appliquer au regard du cahier des charges.**

Le prélèvement du produit fini doit être représentatif et identifié. L'acétate d'éthyle est dosé par chromatographie en phase gazeuse étalonnée : le mesurande est sa fraction massique, conforme si elle atteint au moins 98,0 % m/m. L'eau est dosée par titrage Karl Fischer : le mesurande est sa fraction massique, conforme si elle ne dépasse pas 0,20 % m/m. Enregistrer les résultats et la décision dans le dossier de lot.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> CPG étalonnée : acétate d'éthyle ≥ 98,0 % m/m. Karl Fischer : eau ≤ 0,20 % m/m.

Question 3.3. **Interpréter les résultats analytiques de la campagne précédente. Conclure séparément sur le dosage en acétate d'éthyle, la teneur en eau et l'aspect, puis indiquer si le produit peut être libéré sur la base des seuls critères fournis.**

Contrôle	Résultat	Conclusion
Acétate d'éthyle	98,0 % m/m	Conforme : atteint le minimum
Eau	0,18 % m/m	Conforme : sous le maximum
Aspect	Limpide, sans phase visible	Conforme

Les trois critères analytiques et visuels fournis sont satisfaits. Le résultat d'acétate d'éthyle atteint exactement le seuil minimal, tandis que la teneur en eau reste sous la limite. La libération est possible au regard de ces résultats, à condition que le dossier de lot confirme aussi la traçabilité des matières, paramètres critiques, prélèvements et décisions.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dosage, teneur en eau et aspect conformes. Libération possible si la traçabilité du dossier de lot est complète.

Question 3.4. **Pour la température maximale enregistrée de 79 °C, indiquer l'action immédiate de suivi à effectuer et les éléments à consigner. Proposer une action corrective à examiner si la température continue d'augmenter vers le seuil d'alerte de 82 °C.**

À 79 °C, la température dépasse la consigne de 78 °C, sans atteindre le seuil d'alerte de 82 °C. Vérifier immédiatement la lecture de la sonde et l'évolution de la température, contrôler l'agitation et le refroidissement, puis avertir l'encadrement selon la procédure. Consigner l'heure, la valeur et son évolution, les vérifications, les actions prises et la personne informée. Si la température continue de monter, examiner avec l'encadrement la réduction ou l'arrêt du chauffage et le renforcement du refroidissement prévu par la procédure, sans attendre le seuil d'alerte ni modifier seul les consignes.

DR 1 complété : traitement de l’écart de température

Traitement d'un écart de température

Élément de suivi	Réponse du candidat
Action immédiate à 79 °C	Sonde, tendance, agitation, Heure
Données à consigner et personne à informer	Selon procédure : réduire ou arrêter le chauffage, renforcer le refroidissement
Action corrective à examiner avant d'atteindre 82 °C	

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 79 °C : vérifier la mesure et la tendance, contrôler et alerter. Si la hausse continue, appliquer la conduite corrective prévue avant 82 °C.

4. Prévention, sécurité et amélioration environnementale

Cette partie porte sur les risques liés au transfert d'éthanol, à l'ajout d'acide sulfurique et à l'intervention sur une ligne après distillation. Elle demande aussi une proposition de réduction des impacts environnementaux associée à un indicateur mesurable, sans dégrader la sécurité ni la qualité.

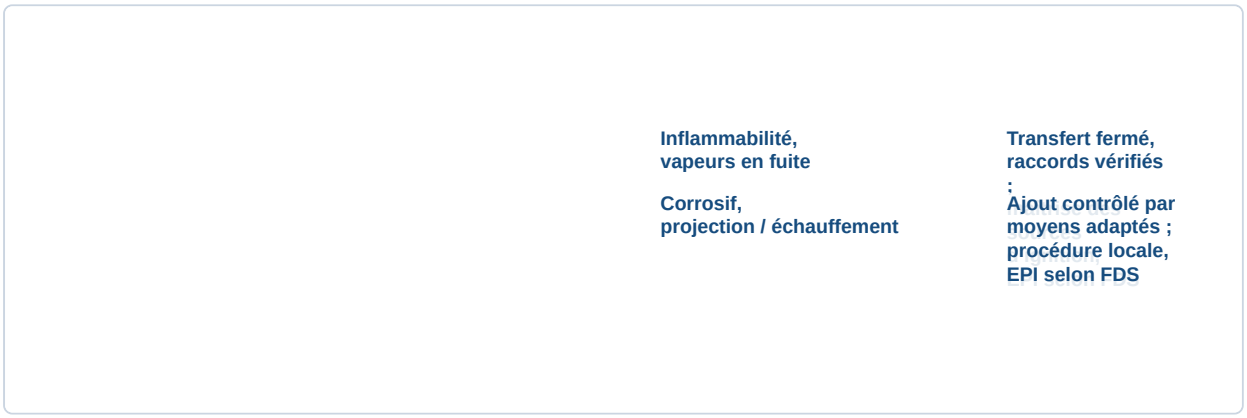
Partie 4

Question 4.1. Pour le transfert d'éthanol et l'ajout d'acide sulfurique, identifier un danger et une situation d'exposition pour chaque opération. Proposer pour chacune deux mesures de prévention respectant la hiérarchie des mesures : priorité aux moyens collectifs et aux mesures techniques, puis aux procédures et aux équipements de protection individuelle adaptés.

Transfert d'éthanol : les vapeurs inflammables peuvent s'enflammer ou exploser ; une fuite aux raccords expose l'opérateur aux vapeurs et au liquide. Priorité aux mesures techniques : transfert fermé et raccordements vérifiés. Compléter par la maîtrise des sources d'inflammation selon l'évaluation ATEX, les consignes du site et les EPI définis par les FDS.

Ajout d'acide sulfurique : le produit corrosif peut provoquer des brûlures par projection, avec échauffement local possible. Utiliser les moyens techniques prévus pour contrôler l'ajout, puis appliquer la procédure locale et porter les EPI adaptés aux FDS.

DR 2 complété : prévention du transfert et de l'ajout



✓ RÉPONSE À RETENIR

Éthanol : vapeurs inflammables, fuite possible. Acide sulfurique : corrosion et projections. Transfert fermé, ajout contrôlé, maîtrise des sources d'inflammation et EPI adaptés aux FDS.

Question 4.2. Indiquer les vérifications à effectuer avant une intervention sur une ligne après distillation. La réponse doit mentionner l'isolement de l'installation, la consignation selon la procédure du site et la vérification de l'absence de danger résiduel avant ouverture.

Avant toute ouverture, arrêter l'équipement concerné et isoler la ligne des sources d'alimentation selon la procédure du site. Effectuer la consignation requise et vérifier que l'isolement est effectif. Suivre les contrôles prévus pour confirmer l'absence de pression, de température dangereuse, de liquide ou de vapeurs résiduels. Ne commencer l'intervention qu'après validation de l'absence de danger résiduel et autorisation selon les règles de l'atelier. Consigner les vérifications et l'intervention dans le suivi prévu.

DR 2 complété : intervention sur la ligne après distillation

	Énergie résiduelle, résidus chimiques	**Isoler et consigner ; vérifier l'absence de danger résiduel avant ouverture**

✓ RÉPONSE À RETENIR

Isoler et consigner la ligne selon la procédure du site ; vérifier l'absence de pression, de chaleur et de résidus dangereux avant ouverture.

Question 4.3. Proposer une action d'amélioration relevant de la chimie verte ou de la réduction des impacts environnementaux pour cette fabrication. La relier à un indicateur mesurable et préciser un point de vigilance afin que l'amélioration ne dégrade ni la sécurité ni la qualité du produit.

Optimiser le pilotage de la distillation selon la procédure validée afin de réduire la consommation de vapeur sans compromettre la séparation. Mesurer, pour chaque lot, la consommation de vapeur rapportée à la masse de produit conforme, en kg de vapeur par kg de produit, puis comparer les résultats avant et après l'action.

Point de vigilance : maintenir les conditions de sécurité, la disponibilité du refroidissement et les critères de qualité du produit ; toute modification doit rester validée par les procédures du site.

DR 2 complété : amélioration environnementale et indicateur

	kg vapeur / kg produit conforme	**Optimiser le pilotage de la distillation ; maintenir sécurité et qualité**

✓ RÉPONSE À RETENIR

Optimiser la distillation et suivre les kg de vapeur par kg de produit conforme, sans dégrader la sécurité, le refroidissement ni la qualité.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2026)

Bilan de l'épreuve : Cette évaluation locale de BUT Chimie, compétence C4, session 2026, code 26-BUT-CHIM-EP1, dure 3 heures et indique un coefficient 3,0 à titre indicatif. Elle étudie la fabrication discontinue d'acétate d'éthyle par estérification, de la réaction à la distillation. Les compétences évaluées couvrent bilans matière, conduite, analyses, traçabilité, prévention des risques et réduction des impacts.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'estérification suit $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$; l'acide sulfurique est un catalyseur et ne figure pas au bilan stœchiométrique.
- La quantité de matière se calcule par n = m/M, puis la masse par m = nM, en utilisant des unités cohérentes.
- Le cahier des charges exige au moins 98,0 % m/m d'acétate d'éthyle et au plus 0,20 % m/m d'eau.
- Le besoin massique en eau de refroidissement se détermine avec Q = m_eau c_p ΔT, après conversion cohérente de l'énergie.

Points de vigilance & attentes du jury

- Comparer les quantités initiales aux coefficients stœchiométriques avant de désigner le réactif limitant.
- Tenir compte successivement de la conversion de l'acide et de la sélectivité vers l'acétate d'éthyle.
- Présenter les calculs avec unités, relations explicites et trois chiffres significatifs, comme demandé.
- Pour les risques et les opérations, respecter les procédures du site et les fiches de données de sécurité.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer le réactif limitant dans la réaction d'estérification ?

Convertissez chaque masse en quantité de matière avec n = m/M, puis comparez les quantités rapportées aux coefficients de l'équation. Ici, les réactifs interviennent dans un rapport stœchiométrique 1:1 ; la plus petite quantité correspond au réactif limitant.

Q : Comment intégrer conversion et sélectivité au calcul de la masse formée ?

Déterminez d'abord la quantité d'acide éthanoïque convertie en appliquant le taux de conversion à la charge. Multipliez ensuite cette quantité par la sélectivité vers l'acétate d'éthyle, puis convertissez en masse avec la masse molaire du produit.

Q : Comment organiser son temps pour cette épreuve de trois heures ?

Le sujet répartit 20 points entre quatre parties : 4, 6, 6 et 4 points. Réservez du temps aux calculs et aux documents réponses DR 1 et DR 2, notez les unités et gardez quelques minutes pour vérifier l'ensemble des réponses.

Q : Quels critères faut-il vérifier avant de conclure à la conformité du produit ?

Vérifiez un dosage en acétate d'éthyle d'au moins 98,0 % m/m, une teneur en eau d'au plus 0,20 % m/m et un aspect limpide sans phase visible. La traçabilité des matières, paramètres critiques, prélèvements et décisions doit aussi être enregistrée.

Sujet officiel associé (PDF) : https://butchimie.fr/assets/annales/but-chimie/C4 - Produire des composés intermédiaires et des produits finis/2026/BUT Chimie - C4 - Produire des composés intermédiaires et des produits finis - Session 2026 - 1-Sujet.pdf
Ressources BUT Chimie : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

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.