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 en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BACHELOR UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

**GÉNIE CHIMIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS**

# ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE C1 : PRODUIRE AVEC UNE INSTALLATION INDUSTRIELLE DE TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE ET DE L'ÉNERGIE PAR VOIE CHIMIQUE OU BIOLOGIQUE

SESSION 2026

Durée : 2 h 30

| SPÉCIALITÉ / UNITÉ | COEFF |
|---|---|
| GÉNIE CHIMIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS | 3,0 À TITRE 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 : ATELIER PILOTE DE LA SOCIÉTÉ VALORIS CHIMIE, ZONE INDUSTRIELLE DE LACQ, PYRÉNÉES-ATLANTIQUES

Vous êtes opérateur ou opératrice de production sur un atelier pilote de fabrication d'une solution aqueuse d'acétate de sodium par neutralisation de l'acide acétique avec de la soude. Vous prenez votre poste sur une installation comprenant deux cuves de stockage, un réacteur agité, un échangeur de refroidissement et une cuve de produit fini.

Le cahier des charges de l'essai impose une production de **1 000 kg/h** de solution à **20,0 % massique d'acétate de sodium**. La température du produit à la sortie de l'échangeur doit être comprise entre **33 °C et 37 °C**. Les débits d'alimentation doivent rester dans les limites de fonctionnement indiquées dans le dossier technique. Toute alarme de sécurité, perte de confinement ou dérive dépassant les seuils d'arrêt conduit à l'application de la procédure de mise en sécurité du site.

Le référentiel national du BUT GCGP définit la compétence C1 et ses apprentissages critiques, mais ne fixe pas une épreuve écrite nationale unique, sa durée, son coefficient ni ses modalités de calculatrice. Les paramètres de durée et de barème indiqués ici sont ceux retenus pour cette évaluation. Le code BUT-GCGP-C1-2026 est un repère documentaire de session.

Les documents DT 1 à DT 3 sont fournis avec le sujet. Les documents DR 1 et DR 2 sont à compléter et à rendre avec la copie. Les calculs sont à présenter avec les unités et un arrondi adapté aux données.

## PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle, conduite et exigences applicables (4 points)

***Identifier la fonction de l'installation, les flux et les conditions de production***

À l'aide du schéma de l'installation DT 1 et des données du DT 2, étudiez la ligne de production dans le cadre de l'essai demandé. Les réactifs sont introduits dans le réacteur à 25 °C. La réaction est supposée totale pour les calculs de production. La limite haute de température dans le réacteur est de 70 °C.

**Données essentielles de conduite**

| Grandeur | Consigne ou limite | Point de mesure |
|---|---|---|
| Débit massique de produit fini | 1 000 kg/h | FT-401 |
| Titre massique en acétate de sodium | 20,0 % | Analyse laboratoire |
| Température de sortie produit | 35 °C, tolérance ± 2 °C | TT-401 |
| Température maximale réacteur | 70 °C | TT-201 |

*Extrait du DT 2*

**1.1** (2 points) À partir du DT 1, décrire la fonction de chacun des équipements R-201, E-301 et T-401 dans la chaîne de production. Indiquer le sens général des flux de matière et préciser à quel endroit la dilution finale est réalisée.

**1.2** (2 points) Définir la frontière d'un bilan de matière autour de l'installation, puis identifier les entrées et sorties à prendre en compte à régime permanent. Citer deux grandeurs de conduite à surveiller pour garantir simultanément la qualité du produit et la sécurité du procédé. Pour chaque grandeur, indiquer le point de mesure correspondant lorsqu'il est fourni dans le dossier.

## PARTIE 2 : Bilan de matière et performances énergétiques (7 points)

***Calculer les débits de réactifs, le débit de dilution et les besoins de refroidissement***

Le produit fini demandé est une solution de 1 000 kg/h contenant 20,0 % massique d'acétate de sodium. Les solutions commerciales disponibles contiennent 30,0 % massique d'acide acétique et 25,0 % massique d'hydroxyde de sodium. On retient une réaction totale, sans réaction secondaire ni perte de matière. La réaction est : $\mathrm{CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O}$.

Masses molaires à utiliser : $M_{\mathrm{CH_3COOH}} = 60,05\ \mathrm{kg/kmol}$, $M_{\mathrm{NaOH}} = 40,00\ \mathrm{kg/kmol}$, $M_{\mathrm{CH_3COONa}} = 82,03\ \mathrm{kg/kmol}$. La masse molaire de l'eau vaut $18,015\ \mathrm{kg/kmol}$. La chaleur de réaction est de $55,0\ \mathrm{MJ/kmol}$ libérés. Pour le refroidissement du produit, prendre $c_p = 3,80\ \mathrm{kJ/(kg \cdot K)}$. L'eau de refroidissement entre à 15 °C et sort à 25 °C ; sa masse volumique est de 1 000 kg/m³ et sa capacité thermique massique est de $4,18\ \mathrm{kJ/(kg \cdot K)}$.

Les relations utiles sont $m = nM$, $\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$ et, à régime permanent sans accumulation, entrées = sorties en masse. Pour la dilution, le produit fini contient 20,0 % massique d'acétate de sodium, le solde étant de l'eau.

**Données de calcul du procédé**

| Donnée | Valeur |
|---|---|
| Débit de produit fini | 1 000 kg/h |
| Fraction massique d'acétate de sodium | 0,200 |
| Titre massique solution d'acide acétique | 0,300 |
| Titre massique solution de NaOH | 0,250 |
| Chaleur de réaction libérée | 55,0 MJ/kmol |
| Températures produit avant et après E-301 | 65 °C et 35 °C |
| Températures eau de refroidissement | 15 °C et 25 °C |

*Valeurs fournies pour l'ensemble des calculs de la partie 2*

**2.1** (2 points) Calculer le débit massique d'acétate de sodium nécessaire, puis le débit molaire de réaction correspondant. En déduire les débits massiques d'acide acétique pur et de NaOH pur requis par la stœchiométrie. Présenter les résultats avec les unités.

**2.2** (1,5 point) Calculer les débits massiques des deux solutions commerciales à alimenter. À partir du bilan massique global et du titre final visé, déterminer le débit d'eau de dilution à ajouter en aval du réacteur. Reporter les débits dans le document DR 1.

**2.3** (1,5 point) Calculer la puissance thermique libérée par la réaction à partir du débit molaire déterminé à la question 2.1. Exprimer le résultat en kW. On rappelle que $1\ \text{kW} = 1\ \text{kJ/s}$ et $1\ \text{h} = 3\ 600\ \text{s}$.

**2.4** (1 point) Calculer la puissance thermique à extraire dans l'échangeur E-301 pour refroidir le débit de produit de 1 000 kg/h de 65 °C à 35 °C. Utiliser la relation $\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$ et exprimer le résultat en kW.

**2.5** (1 point) À partir de la puissance calculée à la question 2.4, déterminer le débit massique puis le débit volumique d'eau de refroidissement nécessaire pour une élévation de température de 10 °C. Comparer le résultat au débit nominal maximal de l'utilité indiqué dans le DT 2 et conclure.

## PARTIE 3 : Préparation et réalisation de la production (5 points)

***Appliquer une séquence opératoire, surveiller le régime et rendre compte***

Vous préparez la mise en production après accord du responsable de quart. Les débits calculés en partie 2 constituent les consignes de référence. Le débit de produit est considéré nominal entre 950 et 1 050 kg/h. La température produit est conforme entre 33 °C et 37 °C. Le débit d'eau de refroidissement doit rester inférieur ou égal à 4,0 m³/h. Les seuils et actions à appliquer en cas de dérive figurent dans le DT 3.

**Relevé de conduite pendant un contrôle de production**

| Paramètre | Consigne ou limite | Valeur observée |
|---|---|---|
| Débit produit FT-401 | 1 000 kg/h, tolérance ± 50 kg/h | 1 020 kg/h |
| Température sortie E-301 TT-401 | 35 °C, tolérance ± 2 °C | 39 °C |
| Débit eau de refroidissement | Maximum 4,0 m³/h | 3,2 m³/h |
| Température réacteur TT-201 | Maximum 70 °C | 68 °C |

*Valeurs observées à comparer aux consignes et limites du dossier technique*

**3.1** (2 points) Rédiger une séquence opératoire ordonnée comprenant au minimum les vérifications préalables, la mise en service de l'utilité de refroidissement, le démarrage des alimentations, l'établissement de l'agitation, le contrôle du régime nominal et l'arrêt normal. Pour chaque étape, préciser une vérification ou une mesure permettant de confirmer son bon déroulement. S'appuyer sur le DT 3.

**3.2** (2 points) Analyser le relevé de conduite présenté. Identifier les paramètres conformes et l'écart constaté. Indiquer l'action immédiate attendue, la personne ou fonction à alerter et la conduite à tenir si la température du réacteur atteint le seuil d'arrêt défini dans le DT 3. Ne pas proposer de neutraliser ou de contourner une alarme.

**3.3** (1 point) Indiquer les informations à inscrire dans le suivi de production à la suite de ce contrôle : citer au moins quatre éléments utiles à la traçabilité et à la transmission à l'équipe suivante.

## PARTIE 4 : Prévention des risques, sécurité et environnement (4 points)

***Repérer les dangers, appliquer les mesures de prévention et gérer une anomalie***

Les solutions d'acide acétique et d'hydroxyde de sodium sont des produits chimiques corrosifs ou irritants selon leur concentration et leurs conditions d'emploi. Les règles du site imposent le port des équipements de protection prévus par l'évaluation des risques et les fiches de données de sécurité, le maintien des protections en place et l'interdiction de toute intervention sur une fuite sans autorisation et sans équipement adapté. Les prescriptions applicables comprennent notamment l'évaluation du risque chimique prévue par le Code du travail et les règles de classification, d'étiquetage et d'emballage des produits chimiques.

**Situations de travail à analyser**

| Situation | Donnée de contexte |
|---|---|
| Transfert d'une solution de soude | Risque de projection lors d'un raccordement ou d'une déconnexion |
| Dérive de température au réacteur | Alarme haute à 68 °C, arrêt d'urgence procédé à 70 °C |
| Écoulement accidentel | Ne pas diriger un produit chimique vers le réseau pluvial |

*Analyse à effectuer à partir du contexte, du DT 1 et du DT 3*

**4.1** (2 points) Pour le transfert de solution de soude, identifier deux dangers et les dommages possibles associés. Proposer, pour chacun, une mesure de prévention cohérente avec les consignes du site et les informations des fiches de données de sécurité. Indiquer les équipements de protection individuelle adaptés à confirmer dans ces fiches.

**4.2** (1 point) Une fuite est détectée au niveau d'un raccord de la ligne de réactif. Décrire les actions immédiates à réaliser dans l'ordre, depuis le signalement jusqu'à la mise en sécurité de la zone. Préciser pourquoi une intervention directe sur le raccord n'est pas autorisée sans habilitation et sans conditions de sécurité établies.

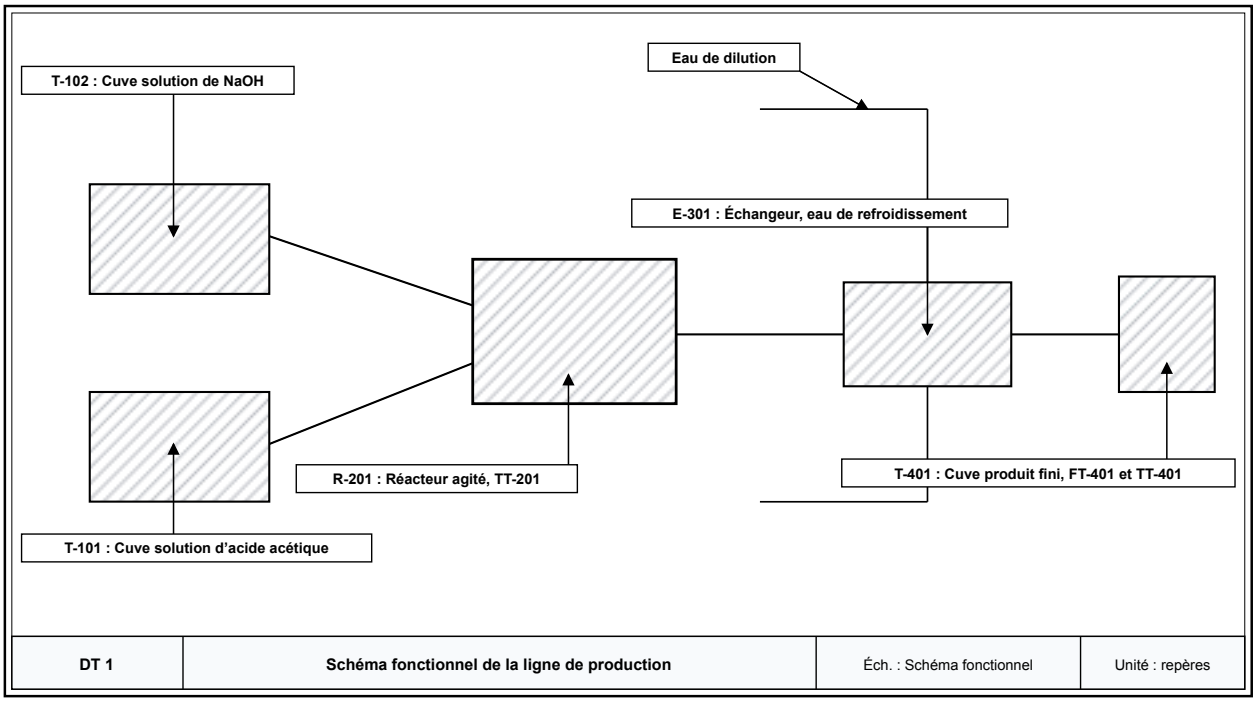
**4.3** (1 point) Indiquer la conduite à tenir pour éviter l'envoi d'un produit répandu vers le réseau pluvial et citer une filière de gestion appropriée pour les déchets de nettoyage contaminés, conformément aux procédures du site.

# DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

## **DT 1** : SCHÉMA FONCTIONNEL DE L'INSTALLATION DE NEUTRALISATION ET DE REFROIDISSEMENT

Schéma fonctionnel non à l'échelle. Les numéros de repère désignent les équipements principaux. Les lignes représentent les conduites de procédé ; les instruments de mesure sont repérés par leur fonction. L'alimentation en solutions commerciales est contrôlée par débitmètres. Le débit d'eau de dilution est ajusté en aval du réacteur. Les équipements sont exploités selon les procédures du site et ne doivent pas être isolés, démontés ou réparés en fonctionnement sans autorisation.




*Représentation fonctionnelle, non à l'échelle. Les repères sont repris dans les questions.*

## **DT 2** : CARACTÉRISTIQUES DES MATIÈRES, ÉQUIPEMENTS ET CONSIGNES NOMINALES

Les valeurs ci-dessous sont les données de l'installation pour cet essai. Les limites d'exploitation ne remplacent pas les procédures de sécurité du site. Les calculs de bilan supposent un régime permanent, une réaction totale et l'absence de fuite, de purge ou d'accumulation dans les équipements.

### Matières premières et données physico-chimiques

| Paramètre | Valeur |
|---|---|
| Solution d'acide acétique | Titre massique 30,0 % |
| Solution d'hydroxyde de sodium | Titre massique 25,0 % |
| Acétate de sodium anhydre | M = 82,03 kg/kmol |
| Acide acétique | M = 60,05 kg/kmol |
| Hydroxyde de sodium | M = 40,00 kg/kmol |
| Eau | M = 18,015 kg/kmol |
| Chaleur de réaction | 55,0 MJ/kmol libérés |

*Valeurs fournies pour le sujet*

### Équipements, instruments et seuils de conduite

| Repère | Fonction ou grandeur | Donnée nominale ou seuil |
|---|---|---|
| R-201 | Réacteur agité | Température normale 60 à 68 °C ; alarme haute à 68 °C ; arrêt d'urgence procédé à 70 °C |
| E-301 | Échangeur de refroidissement | Produit de 65 °C à 35 °C ; capacité nominale suffisante pour 40 kW |
| FT-401 | Débit massique produit | Consigne 1 000 kg/h ; plage acceptable 950 à 1 050 kg/h |
| TT-401 | Température produit après échangeur | Consigne 35 °C ; plage acceptable 33 à 37 °C |
| Eau de refroidissement | Débit volumique maximal disponible | 4,0 m³/h |
| T-401 | Cuve de produit fini | Contrôle du lot par prélèvement selon la procédure du site |

*Extrait des caractéristiques de l'atelier pilote*

### Références réglementaires et principes d'application

| Référence | Application à la situation |
|---|---|
| Code du travail, articles R. 4412-1 et suivants | Évaluation et prévention des risques liés aux agents chimiques dangereux, information et protection des travailleurs |
| Règlement (CE) n° 1272/2008, dit CLP | Classification, étiquetage et emballage des substances et mélanges ; consulter l'étiquette et la fiche de données de sécurité |
| Règlement (CE) n° 1907/2006, dit REACH | Informations sur les substances et accès aux fiches de données de sécurité selon les dispositions applicables |
| Procédures de sécurité du site et fiches de données de sécurité | Équipements de protection, conduite en cas de déversement, premiers secours et gestion des déchets |

*Références générales à prendre en compte dans l'analyse professionnelle*

## **DT 3** : CONSIGNES D'EXPLOITATION, SURVEILLANCE ET RÉACTION AUX ANOMALIES

Avant démarrage, vérifier l'identification des lignes, la disponibilité des matières, l'état apparent des flexibles et raccords, la disponibilité des rétentions, les protections des équipements, la disponibilité de l'utilité de refroidissement et l'absence d'alarme active. Confirmer l'autorisation de production auprès du responsable de quart.

Mettre l'échangeur et son circuit d'eau de refroidissement en service avant l'introduction des réactifs. Démarrer l'agitation du réacteur, puis établir progressivement les alimentations selon les consignes validées. Stabiliser les débits et températures ; relever les valeurs sur le support de suivi à la fréquence prévue par la procédure locale. Vérifier le produit fini par le contrôle prévu avant libération du lot.

À 68 °C au réacteur, traiter l'alarme haute conformément à la procédure : informer le responsable de quart, vérifier les indications disponibles sans neutraliser l'alarme et réduire ou interrompre les alimentations selon la procédure approuvée. À 70 °C, appliquer l'arrêt d'urgence procédé prévu et mettre l'installation en sécurité. Toute fuite ou perte de confinement doit être signalée immédiatement ; isoler uniquement si cela peut être fait sans exposition et conformément à la procédure. Ne pas intervenir sur un raccord sous pression ou contenant un produit chimique sans habilitation, consignation et moyens adaptés.

En cas de déversement, protéger les personnes, empêcher l'accès à la zone et éviter tout rejet vers les réseaux pluviaux. Alerter le responsable de quart et appliquer la fiche de données de sécurité et la procédure du site. Les déchets de nettoyage contaminés sont identifiés, conditionnés et orientés vers la filière autorisée par le site.

**Seuils et actions associées**

| Événement | Action attendue |
|---|---|
| Température réacteur égale à 68 °C | Alarme haute : informer le responsable de quart et appliquer la procédure de réduction ou d'interruption des alimentations |
| Température réacteur égale à 70 °C | Appliquer l'arrêt d'urgence procédé prévu et mettre l'installation en sécurité |
| Température produit hors de 33 à 37 °C | Signaler la dérive, vérifier les mesures et les conditions de refroidissement selon la procédure |
| Fuite ou déversement | Alerter, protéger les personnes, empêcher l'accès, éviter tout rejet au réseau pluvial et appliquer la procédure du site |

*Résumé des consignes du DT 3*

**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

**DR 1** : Document réponse à rendre avec la copie : bilan des débits de production

**À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau avec les calculs et les résultats de la partie 2. Indiquer les unités et les principales étapes de calcul dans la colonne prévue à cet effet.

**Bilan matière de l'installation**

| Grandeur | Calcul ou relation utilisée | Résultat | Unité |
|---|---|---|---|
| Débit d'acétate de sodium dans le produit | ..... | ..... | kg/h |
| Débit molaire de réaction | ..... | ..... | kmol/h |
| Débit d'acide acétique pur | ..... | ..... | kg/h |
| Débit de solution d'acide acétique à 30,0 % | ..... | ..... | kg/h |
| Débit de NaOH pur | ..... | ..... | kg/h |
| Débit de solution de NaOH à 25,0 % | ..... | ..... | kg/h |
| Débit d'eau de dilution | ..... | ..... | kg/h |
| Puissance thermique libérée par la réaction | ..... | ..... | kW |
| Puissance à extraire dans E-301 | ..... | ..... | kW |
| Débit volumique d'eau de refroidissement | ..... | ..... | $m^3/h$ |

*Les cellules marquées par ... sont à compléter par le candidat.*

**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 : diagnostic et suivi de conduite

**À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau à partir du relevé de conduite de la partie 3 et des seuils des DT 2 et DT 3. Formuler des actions compatibles avec les consignes fournies.

**Tableau d'analyse des paramètres de conduite**

| Paramètre | Valeur observée | Conforme ou non conforme | Action ou transmission à réaliser |
|---|---|---|---|
| Débit produit FT-401 | 1 020 kg/h | ..... | ..... |
| Température sortie E-301 TT-401 | 39 °C | ..... | ..... |
| Débit d'eau de refroidissement | 3,2 m³/h | ..... | ..... |
| Température réacteur TT-201 | 68 °C | ..... | ..... |
| Informations à consigner dans le suivi de production | ..... | ..... | ..... |

*Les cellules marquées par ... sont à compléter par le candidat.*

**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.