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 C2 : CONCEVOIR DES ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION INDUSTRIELLE DE TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE ET DE L'ÉNERGIE PAR VOIE CHIMIQUE OU BIOLOGIQUE

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
GÉNIE CHIMIQUE GÉNIE DES PROCÉDÉS	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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : BIOVAL LAITIQUES, ATELIER DE FERMENTATION ET DE PURIFICATION, ZONE INDUSTRIELLE DE VALENCE (DRÔME)

BioVal Laitiques souhaite augmenter sa capacité de production d'acide lactique de qualité alimentaire. Vous intervenez comme technicien supérieur en génie des procédés pour étudier le prédimensionnement d'un fermenteur discontinu, de son système de refroidissement et d'une unité de microfiltration tangentielle du bouillon fermenté.

Le cahier des charges prévoit un volume nominal de cuve de 10,0 m³, un volume utile de fermentation de 8,0 m³, une température de fermentation de 35 °C et une extraction du bouillon à un débit de 8,0 m³/h. Le dossier technique fournit les données nécessaires aux calculs préliminaires. Les résultats de dimensionnement ne constituent pas une justification de conception mécanique détaillée : celle-ci devra être vérifiée avant fabrication selon la réglementation et les normes applicables.

La compétence C2 du BUT GCGP est évaluée dans le cadre des modalités de contrôle des connaissances et des compétences définies par l'établissement. Le présent sujet fixe, pour cette évaluation, une durée de 3 heures et un barème sur 20 points.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (5 points)

Lecture du besoin, analyse des fonctions et identification des exigences applicables

À partir du cahier des charges et des documents DT 1 et DT 3, vous devez analyser l'installation étudiée et distinguer les exigences de procédé, de sécurité, d'hygiène et de conception. Toute référence réglementaire doit être mise en relation avec son champ d'application et ne vaut pas, à elle seule, preuve de conformité.

Données principales du cahier des charges

Équipement ou fonction	Exigence	Valeur ou condition
Fermenteur	Volume nominal	10,0 m³
Fermenteur	Volume utile de fermentation	8,0 m³
Fermentation	Température de consigne	35 °C
Refroidissement	Puissance thermique à évacuer	45 kW
Microfiltration	Débit de bouillon à traiter	8,0 m³/h
Nettoyage en place	Solution alcaline	NaOH à 1,5 % massique

Données fournies par BioVal Laitiques pour l'étude préliminaire.

1.1 (2 points) Établir l'analyse fonctionnelle du système étudié. Indiquer la fonction principale du fermenteur, la fonction du circuit de refroidissement et celle de l'unité de microfiltration. Pour chaque fonction, préciser au moins une entrée, une sortie et une contrainte issue du cahier des charges.

1.2 (1,5 point) À partir du DT 3, sélectionner trois exigences réglementaires ou normatives pertinentes pour le projet. Pour chacune, indiquer l'équipement ou le risque concerné et préciser pourquoi son applicabilité doit être vérifiée au cas par cas.

1.3 (1,5 point) Compléter le tableau du DR 1 en associant à chaque danger indiqué une mesure de prévention ou de protection et un élément de vérification avant mise en service.

PARTIE 2 : Étude technologique et prédimensionnement (7 points)

Choix des équipements, prédimensionnement et estimation de matière

Les calculs demandés sont des calculs de prédimensionnement. Les résultats seront présentés avec les unités, les hypothèses et un nombre de chiffres significatifs cohérent. Les relations utiles et les propriétés nécessaires sont données dans le dossier technique.

Valeurs de conception à retenir

Paramètre	Symbole	Valeur
Volume nominal de la cuve	Vn	10,0 m³
Rapport hauteur cylindrique sur diamètre	H/D	2,00
Puissance thermique à évacuer	Q	45 kW
Coefficient global d'échange	U	600 W/(m²·K)
Flux moyen de microfiltration	J	40 L/(m²·h)

Extrait du dossier de conception préliminaire.

2.1 (2 points) En assimilant la cuve à un cylindre droit et en négligeant les fonds pour le calcul du volume, calculer son diamètre intérieur et sa hauteur cylindrique à partir de son volume nominal et du rapport H/D fourni. Vérifier ensuite le volume utile de 8,0 m³ en calculant la hauteur de liquide correspondante. Utiliser $V = \frac{\pi D^2 H}{4}$.

2.2 (2 points) Calculer le débit massique d'eau de refroidissement nécessaire pour évacuer 45 kW lorsque l'eau entre à 15 °C et sort à 25 °C. Puis calculer la surface d'échange minimale avec une température de bouillon supposée constante à 35 °C. Appliquer ensuite une réserve de dimensionnement de 20 % à la surface calculée. Utiliser $Q = \dot{m} c_p (T_s - T_e)$, $\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$ et $Q = U A \Delta T_{lm}$.

2.3 (1,5 point) Calculer la surface membranaire minimale nécessaire pour traiter 8,0 m³/h avec le flux moyen fourni. Déterminer la surface à installer si une réserve de 20 % est retenue. Indiquer une configuration de filtration compatible avec le traitement d'un bouillon contenant des matières en suspension et justifier brièvement le choix.

2.4 (1,5 point) Estimer la masse et le coût de la matière première nécessaire à la virole et aux deux fonds plats de la cuve. Utiliser la surface géométrique calculée au DT 2, une épaisseur de tôle de 6,0 mm, une densité d'acier inoxydable de 8 000 kg/m³, une majoration de 10 % pour pertes et découpes et un prix de 8,40 €/kg. Indiquer les limites de cette estimation au regard de la fabrication réelle.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et protocole opératoire (4 points)

Rédaction du cahier des charges d'équipement et préparation des opérations

Vous préparez les éléments techniques destinés à la consultation d'un fabricant et à la préparation de la première mise en service. Les informations manquantes doivent être signalées comme points à confirmer, sans inventer de données de conception.

Éléments de préparation du projet

Équipement	Donnée de base	Élément à préciser ou à vérifier
Fermenteur	Cuve nominale de 10,0 m³	Matériau, finition, instrumentation
Refroidissement	Puissance de 45 kW	Surface d'échange et conditions de service
Microfiltration	Débit d'alimentation de 8,0 m³/h	Surface installée et conditions de nettoyage

Informations à reprendre ou à compléter dans le DR 2.

3.1 (1,5 point) Compléter le DR 2 par une nomenclature fonctionnelle comportant au minimum le fermenteur, l'agitateur, la sonde de température, le circuit de refroidissement, la pompe de transfert et le module de microfiltration. Pour chaque élément, indiquer sa fonction et une caractéristique ou un critère de choix à transmettre au fournisseur.

3.2 (1,5 point) Rédiger un protocole opératoire synthétique de transfert du bouillon vers la microfiltration, depuis les vérifications préalables jusqu'à l'arrêt de l'opération. Mentionner au moins cinq contrôles ou actions, notamment la vérification des vannes, du débit, de la pression transmembranaire et de la traçabilité du lot.

3.3 (1 point) Calculer la masse de soude nécessaire à la préparation de 2 000 kg de solution de nettoyage à 1,5 % massique. Avec un prix d'achat de 1,20 €/kg de NaOH, calculer le coût de NaOH engagé pour cette préparation. Préciser une précaution indispensable lors de la préparation de la solution.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et environnement (4 points)

Évaluation des risques et prévention lors de l'exploitation et de la maintenance

La préparation du bouillon et le nettoyage de l'installation exposent le personnel à des risques chimiques, biologiques, mécaniques et thermiques. Les mesures proposées doivent respecter les principes de prévention et être adaptées aux tâches décrites.

Situations de travail à analyser

Situation	Danger principal	Conséquence possible
Préparation de la solution de NaOH	Produit corrosif et échauffement à la dilution	Brûlure chimique ou projection
Intervention sur l'agitateur	Organe mobile	Entraînement ou écrasement
Ouverture d'une ligne contenant du bouillon	Aérosols et contact avec le produit	Exposition biologique ou contamination
Nettoyage en place à chaud	Liquide chaud et circuit sous pression	Brûlure ou projection

Les mesures de prévention sont à renseigner par le candidat dans le DR 1.

4.1 (2 points) Compléter le DR 1 pour les quatre situations de travail. Proposer, pour chacune, une mesure de prévention prioritaire et un équipement de protection individuelle adapté. Pour l'intervention sur l'agitateur, préciser la condition préalable de consignation.

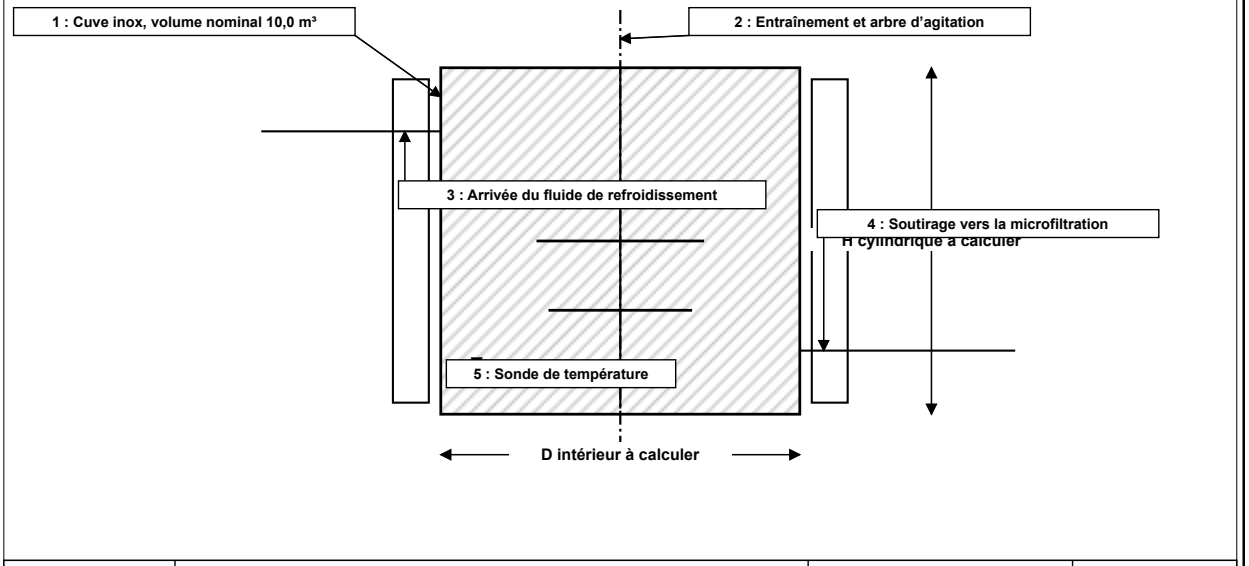
4.2 (2 points) Présenter les vérifications à effectuer avant la première mise en service concernant l'étanchéité, la circulation du fluide de refroidissement, les sécurités de l'agitateur et la gestion des effluents de nettoyage. Expliquer comment ces vérifications contribuent à la sécurité des personnes et à la protection de l'environnement.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE ET COUPE PRÉLIMINAIRE DU FERMENTEUR

Schéma fonctionnel non destiné à la fabrication. Le fermenteur est une cuve cylindrique verticale en acier inoxydable, équipée d'un agitateur, d'une sonde de température, d'un circuit de refroidissement et d'une ligne de soutirage vers la microfiltration. Les dimensions portées sont des valeurs de prédimensionnement. Les assemblages, soudures, fonds, piquages et supports nécessitent une étude mécanique détaillée.



DT 1	Coupe schématique du fermenteur et de ses équipements	Éch. : Schéma de principe, non à l'échelle	Unité : mm

DT 2 : DONNÉES DE CALCUL ET BASES D'ESTIMATION

Les données ci-dessous sont les valeurs retenues pour cette étude préliminaire. Pour l'échange thermique, le bouillon est supposé à température constante. Pour la géométrie de la cuve, les fonds sont négligés dans le calcul du volume cylindrique, mais leurs surfaces sont prises en compte dans l'estimation de matière.

Propriétés, paramètres de calcul et coûts

Grandeur	Symbole	Valeur
Chaleur massique de l'eau	cp	4,18 kJ/(kg·K)
Température d'entrée de l'eau	Te	15 °C
Température de sortie de l'eau	Ts	25 °C
Température du bouillon	Tb	35 °C
Coefficient global d'échange	U	600 W/(m²·K)
Puissance thermique à évacuer	Q	45 kW
Flux moyen de microfiltration	J	40 L/(m²·h)
Débit de bouillon à traiter	qv	8,0 m³/h
Densité de l'acier inoxydable	ρ	8 000 kg/m³
Épaisseur de tôle retenue pour l'estimation	e	6,0 mm
Majoration pour pertes et découpes	f	10 %
Prix indicatif de l'acier inoxydable	p	8,40 €/kg
Concentration massique de NaOH	w	1,5 %
Prix de NaOH	pNaOH	1,20 €/kg

Données fournies pour les calculs de prédimensionnement.

DT 3 : EXIGENCES DE CONCEPTION, HYGIÈNE ET PRÉVENTION

Les références ci-après constituent des repères à examiner lors de la conception. Leur applicabilité dépend notamment des caractéristiques de l'équipement, de sa destination, des conditions de service et de l'analyse de risques. La directive 2014/68/UE relative aux équipements sous pression est à examiner si les seuils et conditions réglementaires sont atteints. La norme EN 13445 concerne les récipients sous pression non soumis à la flamme lorsque son champ d'application est pertinent. La directive 2006/42/CE relative aux machines et la norme EN ISO 12100 fournissent des repères pour l'analyse et la réduction des risques liés aux machines, sous réserve du cadre réglementaire applicable à la date de mise sur le marché. Les exigences d'hygiène alimentaire comprennent notamment les règlements (CE) n° 852/2004 et n° 1935/2004 lorsque leurs champs d'application sont concernés. Les directives 1999/92/CE et 2014/34/UE sont à examiner si une atmosphère explosive peut être présente. Le Code du travail impose une évaluation et une prévention des risques professionnels, notamment lors des opérations de nettoyage, de maintenance et de consignation.

Les principales données de calcul sont : $V = \frac{\pi D^2 H}{4}$, $Q = \dot{m} c_p (T_s - T_e)$, $\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$, $Q = U A \Delta T_{lm}$, $A_m = \frac{q_v}{J}$, $m = \rho A e (1 + f)$ et $C = mp$. Pour le dosage massique, $m_{NaOH} = w m_{solution}$.

Repères de conformité et éléments à vérifier

Référence	Domaine concerné	Point à vérifier dans le projet
Directive 2014/68/UE	Équipements sous pression	Pression maximale admissible, volume, fluide et seuils applicables
EN 13445	Récipients sous pression non soumis à la flamme	Applicabilité à l'équipement et édition en vigueur
Directive 2006/42/CE et EN ISO 12100	Machines et analyse des risques	Agitateur, protections, arrêts et réduction des risques
Règlements (CE) n° 852/2004 et n° 1935/2004	Hygiène et matériaux au contact des denrées	Destination alimentaire, matériaux, nettoyabilité et traçabilité
Directives 1999/92/CE et 2014/34/UE	Atmosphères explosives	Présence possible d'atmosphère explosive et zonage éventuel
Code du travail	Prévention des risques professionnels	Évaluation des risques, formation, EPI et consignation

Sélection de textes et normes à considérer selon le champ d'application du projet.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 1.3 et 4.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases portant la mention « ... ». Indiquer des mesures adaptées aux opérations décrites et formuler des réponses précises.

Analyse des dangers et mesures de prévention

Situation	Danger principal	Mesure de prévention prioritaire	EPI adapté	Vérification ou condition préalable
Préparation de NaOH	Corrosivité et échauffement à la dilution	.....	.....	.....
Intervention sur l'agitateur	Organe mobile	.....	.....	.....
Ouverture d'une ligne de bouillon	Aérosols et contact avec le produit	.....	.....	.....
Nettoyage en place à chaud	Liquide chaud et circuit sous pression	.....	.....	.....

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 : question 3.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter la nomenclature fonctionnelle. Les caractéristiques proposées doivent être vérifiables dans un cahier des charges transmis au fournisseur.

Nomenclature fonctionnelle de l'installation

Repère	Équipement	Fonction	Caractéristique ou critère de choix à spécifier
1	Fermenteur	.....	.....
2	Agitateur	.....	.....
3	Sonde de température	.....	.....
4	Circuit de refroidissement	.....	.....
5	Pompe de transfert	.....	.....
6	Module de microfiltration	.....	.....

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.