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

MÉTIERS DE LA TRANSITION ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUES

ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE C1 : DIMENSIONNER DES INSTALLATIONS ÉNERGÉTIQUES, CLIMATIQUES OU FRIGORIFIQUES POUR LE BÂTIMENT ET L'INDUSTRIE

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
MÉTIERS DE LA TRANSITION ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUES	3, 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 : THERMIRÉNOV LYON, ENTREPRISE DE GÉNIE CLIMATIQUE, INTERVENTION DANS L'ANNEXE SCOLAIRE DES TILLEULS, VILLEURBANNE (RHÔNE)

Cadre de l'évaluation : le BUT MT2E est régi par un référentiel national de compétences ; il n'existe pas d'épreuve nationale unique intitulée « C1 » avec une durée, un coefficient ou un code d'épreuve communs à tous les IUT. Les modalités indiquées ici correspondent au sujet et au barème de cette évaluation.

ThermiRénov Lyon étudie le remplacement du générateur de chauffage de l'annexe scolaire des Tilleuls. L'entreprise doit remettre une note de dimensionnement préliminaire, un métré des canalisations et une méthode d'intervention. Le bâtiment comporte une salle de 12 m sur 8 m, de hauteur intérieure 3,0 m. Le chauffage fonctionne par radiateurs à eau chaude. Une ventilation double flux assure le renouvellement d'air.

Conditions de calcul : température intérieure de base 20 °C, température extérieure de base -5 °C, régime d'eau de chauffage 45/35 °C. La puissance de chauffage calculée sera majorée de 10 % pour le choix du générateur. Les résultats seront exprimés avec unités, arrondis à trois chiffres significatifs lorsque cela est pertinent. Les données et conventions nécessaires figurent dans le dossier technique.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (4 points)

Analyser le besoin, le système et les références techniques applicables

À partir de la mise en situation et des documents DT 1 à DT 3, vous établissez le périmètre de l'installation et repérez les données utiles au dimensionnement. Toute référence normative est à considérer dans son édition applicable au projet et en cohérence avec le cahier des charges fourni.

Données principales du bâtiment et de l'installation

Paramètre	Valeur	Unité ou précision
Dimensions intérieures de la salle	12 × 8 × 3,0	m
Températures intérieure et extérieure de base	20 / -5	°C
Débit d'air neuf traité	900	m³/h
Rendement thermique de récupération de la ventilation	75	%
Régime d'eau de chauffage	45/35	°C départ/retour

Données de l'étude communiquées par le maître d'ouvrage.

1.1 (1,5 point) Décrire la chaîne fonctionnelle de l'installation, depuis les besoins du local jusqu'à l'énergie consommée. Identifier le rôle du générateur, du réseau hydraulique, des radiateurs, de la régulation et de la ventilation double flux. Préciser les deux circuits de fluides présents et leur fonction.

1.2 (1,5 point) Calculer le volume intérieur de la salle et l'écart de température de dimensionnement. Indiquer les principales surfaces déperditives reprises au DT 2 et expliquer pourquoi le débit d'air de ventilation ne doit pas être assimilé à un débit de recirculation de l'eau de chauffage.

1.3 (1 point) À l'aide du DT 3, associer à chacune des études suivantes une référence technique pertinente : calcul de la charge thermique, conception de la distribution hydraulique, qualité de l'air intérieur et alimentation électrique. Pour chaque association, donner une raison concrète de consulter la référence.

PARTIE 2 : Étude technologique et dimensionnement (9 points)

Calculer les besoins, vérifier les équipements et dimensionner le débit hydraulique

Les calculs sont à présenter avec les formules, les unités et les étapes intermédiaires utiles. Les résultats de puissance seront comparés aux données de sélection des équipements fournies dans le dossier technique.

Surfaces déperditives et coefficients de transmission

Élément	Surface A (m²)	Coefficient U (W/(m²·K))
Murs opaques, baies déduites	100	0,25
Toiture	96	0,18
Plancher bas	96	0,30
Baies vitrées	18	1,30
Porte extérieure	2	1,50

Valeurs à utiliser directement pour le calcul de transmission thermique.

2.1 (3 points) Calculer les déperditions par transmission de chaque élément avec $\Phi_i = U_i A_i \Delta T$, puis leur somme. Ajouter le poste de ponts thermiques indiqué au DT 2. Calculer ensuite les déperditions de ventilation en tenant compte de la récupération de chaleur, avec $\Phi_{vent} = 0,34\, q_v\, \Delta T\, (1 - \eta)$, où q_v est en m³/h. En déduire la puissance totale de base, puis la puissance de sélection majorée de 10 %.

2.2 (1,5 point) Calculer la résistance thermique de la couche d'isolation proposée au DT 2 avec $R = e/\lambda$. Comparer le résultat au critère de projet $R \geq 3,0\ \mathrm{m^2 \cdot K/W}$ et conclure. Il est demandé de vérifier la résistance de cette couche seule, sans recalculer le coefficient U de la paroi complète.

2.3 (1,5 point) Choisir le générateur et vérifier la puissance totale des radiateurs à partir du DT 2. Comparer les puissances disponibles aux besoins calculés en 2.1. Calculer la marge de puissance du générateur par rapport à la puissance de base, avec $m = (P_{disponible} - P_{base})/P_{base} \times 100$. Conclure au regard de la majoration demandée de 10 %.

2.4 (1,5 point) Déterminer le débit massique d'eau nécessaire pour la puissance de sélection majorée en utilisant $\Phi = \dot{m} c_p \Delta T_e$, avec $c_p = 4180\ \mathrm{J/(kg \cdot K)}$ et $\Delta T_e = 10\ \mathrm{K}$. Convertir ce débit en m³/h en prenant $\rho = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$. Pour une conduite de diamètre intérieur 26,2 mm, calculer la vitesse d'écoulement avec $v = \dot{V}/S$ et $S = \pi D^2/4$. Comparer la vitesse à la plage de projet 0,2 à 0,8 m/s.

2.5 (1,5 point) Au point de fonctionnement retenu au DT 2, calculer la puissance hydraulique $P_h = \dot{V} \Delta p$, puis le rendement global du circulateur $\eta_p = P_h / P_{élec}$. Employer le débit réellement déterminé en 2.4, converti en m³/s, et la pression différentielle du point de fonctionnement. Conclure sur la cohérence du point sélectionné avec le débit requis et sur le sens physique du rendement obtenu.

PARTIE 3 : Préparation de l'intervention et métré (4 points)

Établir le métré, préparer la coupe et organiser le contrôle de l'installation

Vous préparez la commande des canalisations et l'intervention de pose. Les longueurs nettes figurent au DT 2. Les tubes sont livrés en barres commerciales de 6,0 m. La pose doit être réalisée sans assemblage dissimulé dans les zones indiquées au plan.

Longueurs nettes de canalisations à métrer

Repère	Fonction	Longueur nette (m)
R1	Départ générateur vers collecteur	12,4
R2	Retour collecteur vers générateur	9,6
R3	Départ collecteur vers antenne radiateurs	8,8
R4	Retour antenne radiateurs vers collecteur	7,2

Relevé du plan d'exécution fourni pour l'étude.

3.1 (1,5 point) Compléter le DR 1. Déterminer la longueur nette totale, le nombre de barres de 6,0 m à commander, la longueur totale achetée et la chute globale théorique. Calculer le taux de chute $t = \text{chute} / \text{longueur achetée} \times 100$. Le prix du tube est de 18,00 € par mètre acheté et celui du calorifuge est de 6,00 € par mètre posé. Prévoir 5 % de longueur supplémentaire pour le calorifuge. Calculer le coût du tube et le coût du calorifuge, hors taxes.

3.2 (1,5 point) Rédiger un protocole opératoire synthétique, dans l'ordre, couvrant au minimum : vérification du matériel et des repères, traçage et coupe des tubes, ébavurage, assemblage, fixation, rinçage, remplissage, purge, essai d'étanchéité et pose du calorifuge après contrôle. Préciser à quel moment les mesures et contrôles doivent être consignés.

3.3 (1 point) Avec un COP chauffage de 3,2 au point de calcul, estimer la puissance électrique absorbée par le générateur pour fournir la puissance de sélection majorée obtenue en 2.1, avec $COP = P_{th} / P_{élec}$. Donner le résultat en kW et préciser pourquoi il s'agit d'une estimation au point de fonctionnement et non d'une consommation annuelle.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (3 points)

Identifier les risques et définir les mesures de prévention

L'intervention se déroule dans un établissement scolaire. La zone de chantier doit rester inaccessible aux élèves et aux personnels non concernés. Les travaux électriques et les opérations relevant de la manipulation du circuit frigorifique sont confiés aux intervenants disposant des compétences et habilitations requises.

Situations de travail à analyser

Situation	Danger principal	Contrainte du site
Découpe et assemblage des tubes	Coupure, projection, brûlure selon l'outillage	Intervention en locaux occupés
Remplissage et essai hydraulique	Fuite ou projection sous pression	Protection des équipements et des personnes
Intervention à proximité du générateur	Risque électrique et surfaces chaudes	Consignation avant intervention
Manutention du générateur et des radiateurs	Effort physique, pincement, chute de charge	Accès et circulation à maintenir

Éléments de contexte à prendre en compte dans l'analyse des risques.

4.1 (1,5 point) Pour trois situations du tableau, identifier un dommage possible et proposer une mesure de prévention adaptée. Au moins une mesure doit porter sur la protection collective ou l'organisation de la zone, et au moins une autre sur un équipement de protection individuelle adapté.

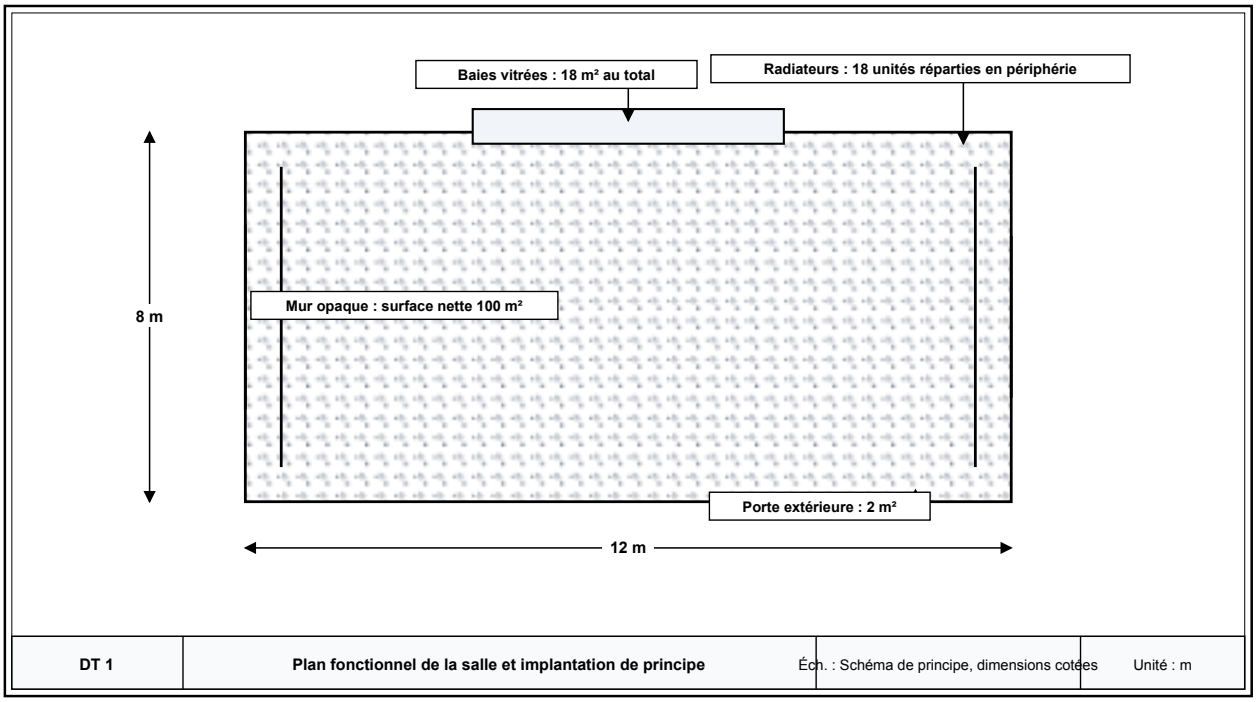
4.2 (1,5 point) Décrire les mesures à prendre avant un essai hydraulique et avant toute intervention à proximité du générateur : isolement de la zone, vérification de l'outillage, maîtrise de la pression d'essai, consignation des énergies et contrôle de l'absence de danger. Préciser les limites d'intervention d'un opérateur non habilité sur les parties électriques et frigorifiques. Relier les mesures proposées à l'obligation générale de prévention de l'employeur prévue par le Code du travail.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE ET IMPLANTATION DE L'INSTALLATION

Le générateur alimente un circuit fermé d'eau chaude comprenant un circulateur, un collecteur et 18 radiateurs. La ventilation double flux est un système distinct : elle renouvelle l'air et récupère une partie de la chaleur de l'air extrait. Le schéma est fonctionnel et ne constitue pas un plan d'exécution à l'échelle. Les cotes indiquées décrivent les dimensions intérieures du local.



DT 2 : DONNÉES DE CALCUL THERMIQUE, HYDRAULIQUES ET ÉCONOMIQUES

Surfaces et coefficients : utiliser les valeurs données dans le tableau de la partie 2. Les ponts thermiques sont représentés par une déperdition forfaitaire de 500 W au différentiel de température de base. Pour la ventilation, le débit d'air neuf est de 900 m³/h et le rendement thermique de récupération est de 75 %. La relation de calcul conventionnelle fournie pour ce sujet est $\Phi_{vent} = 0,34\, q_v\, \Delta T\, (1 - \eta)$.

Isolation : panneau isolant de façade, épaisseur $e = 0,12\ \text{m}$, conductivité thermique $\lambda = 0,036\ \text{W/(m·K)}$. Critère de projet pour la couche ajoutée : $R \geq 3,0\ \text{m}^2\cdot\text{K/W}$.

Équipements : le générateur proposé délivre 9,0 kW thermiques à -5 °C extérieur et au régime d'eau spécifié ; son COP au point de calcul est 3,2. Chaque radiateur délivre 0,45 kW au régime 45/35 °C pour une température intérieure de 20 °C. Le circulateur est donné pour un point nominal de 0,65 m³/h sous 40 kPa, avec une puissance électrique absorbée de 35 W. Le diamètre intérieur de la conduite de calcul est 26,2 mm. Pour la conversion énergétique de l'eau : $c_p = 4180\ \text{J/(kg·K)}$, $\rho = 1000\ \text{kg/m}^3$.

Canalisations et prix : les longueurs nettes R1 à R4 sont indiquées dans le tableau de la partie 3. Les tubes sont commercialisés en barres de 6,0 m à 18,00 € HT par mètre acheté. Le calorifuge est facturé

6,00 € HT par mètre posé ; prévoir 5 % de longueur supplémentaire par rapport à la longueur nette. Les coûts sont calculés sans accessoires, main-d'œuvre ni taxes.

Fiche de sélection des équipements

Équipement	Caractéristique	Valeur
Générateur	Puissance thermique disponible à -5 °C	9,0 kW
Générateur	COP au point de calcul	3,2
Radiateur	Puissance par unité à 45/35 °C et 20 °C ambiant	0,45 kW
Circulateur	Débit / pression différentielle au point nominal	0,65 m³/h / 40 kPa
Circulateur	Puissance électrique absorbée au point nominal	35 W
Conduite	Diamètre intérieur de calcul	26,2 mm

Caractéristiques déclarées pour l'étude préliminaire.

DT 3 : RÉFÉRENCES TECHNIQUES, CONVENTIONS ET DONNÉES DE SÉCURITÉ

Références à mobiliser selon leur domaine et leur édition applicable :

- NF EN 12831-1 : méthode de calcul des charges thermiques nominales des locaux et bâtiments.
- NF EN 12828 : conception des systèmes de chauffage à eau dans les bâtiments, notamment les aspects de sécurité et de conception du circuit.
- NF EN 16798-1 : paramètres d'ambiance intérieure et éléments liés à la qualité de l'air et à la ventilation.
- NF C 15-100 : installations électriques à basse tension, pour les travaux électriques relevant de son champ d'application.
- Code du travail, notamment les principes généraux de prévention et l'obligation de sécurité de l'employeur prévue à l'article L. 4121-1.

Les références sont des repères de travail : elles ne remplacent ni les prescriptions du projet, ni la vérification de leur édition applicable. Les opérations sur les installations électriques sont réservées aux personnes disposant des habilitations nécessaires. Les opérations réglementées sur un circuit frigorifique sont confiées aux professionnels et entreprises disposant des qualifications et attestations requises.

Conventions de calcul : $\Phi = UA\Delta T$; $\Phi = \dot{m} c_p \Delta T_e$; $\dot{V} = \dot{m}/\rho$; $v = \dot{V}/S$; $S = \pi D^2/4$; $P_h = \dot{V}\Delta p$; $\eta_p = P_h/P_{élec}$; $COP = P_{th}/P_{élec}$; $R = e/\lambda$. Pour les calculs de débit, convertir les heures en secondes et les kilowatts en watts avant d'appliquer les relations du Système international.

Repérage des références et des domaines concernés

Référence	Domaine concerné	Application dans l'étude
NF EN 12831-1	Charges thermiques	Évaluer la puissance nécessaire au chauffage
NF EN 12828	Systèmes de chauffage à eau	Étudier la conception et les dispositions de sécurité du circuit
NF EN 16798-1	Ambiance intérieure et ventilation	Situer les exigences de qualité de l'air intérieur
NF C 15-100	Installations électriques basse tension	Encadrer les travaux électriques concernés
Code du travail, article L. 4121-1	Prévention des risques professionnels	Organiser la prévention et protéger les travailleurs

Extraits de repérage fournis pour l'étude ; vérifier les éditions applicables au projet.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : question 3.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter toutes les cases contenant « ... ». Indiquer les unités et détailler les calculs de longueur et de coût sur la copie.

Métré, approvisionnement et coût matière

Désignation	Longueur nette (m)	Quantité ou longueur à commander	Chute ou supplément (m)	Coût HT (€)
Tube de chauffage	.....	... barres de 6 m, soit ... m	.....	.....
Calorifuge	.....	... m	.....	.....
Total ou taux de chute	.....	.....	... ; taux : ... %	.....

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 : questions 2.1 à 2.5 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les résultats de synthèse. Les développements et les unités doivent apparaître sur la copie, même lorsque le résultat est reporté dans ce tableau.

Tableau de synthèse des dimensionnements

Grandeur	Résultat	Unité	Conclusion ou vérification
Déperditions par transmission, ponts thermiques inclus	.....	W	.....
Déperditions de ventilation avec récupération	.....	W	.....
Puissance totale de base	.....	W	.....
Puissance de sélection avec majoration de 10 %	.....	W	.....
Résistance thermique de la couche ajoutée	.....	$m^2 \cdot K/W$	.....
Débit d'eau de chauffage	.....	m^3/h	
Vitesse dans la conduite	.....	m/s	.....
Rendement du circulateur au point de fonctionnement	.....	%	.....

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.