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 C4 : EXPLOITER DES INSTALLATIONS ET PLATEFORMES D'ESSAIS 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	3,0 INDICATIF, SELON LES MCCC DE L'IUT

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 : PLATEFORME ÉNERGÉTIQUE DU CAMPUS DE L'IUT DE VALMONT, VALMONT-SUR-RIVIÈRE

Vous intervenez sur la plateforme d'essais énergétiques du campus de l'IUT de Valmont. L'installation étudiée est une pompe à chaleur air-eau alimentant un banc hydraulique et une enceinte climatique instrumentée. Les relevés signalent une baisse de performance et un débit d'eau inférieur à la valeur de conception. Votre mission consiste à exploiter les documents et mesures disponibles, établir un diagnostic argumenté, proposer des vérifications et préparer une intervention compatible avec les exigences de sécurité.

Le présent sujet constitue une proposition d'évaluation locale de la compétence C4. Le BUT MT2E ne comporte pas d'épreuve écrite nationale unique intitulée C4 : les modalités, la durée et les pondérations relèvent des MCCC de l'IUT. Le coefficient indiqué est indicatif et doit être vérifié au regard des modalités locales.

Les résultats attendus doivent être présentés avec leurs unités, les hypothèses retenues et une conclusion exploitable par le responsable de plateforme. Toute intervention est subordonnée à l'autorisation du responsable et aux procédures locales de consignation.

Partie 1 : Analyse fonctionnelle et cadre d'exploitation (5 points)

Identifier les fonctions, les organes et les limites de l'intervention

À partir des documents DT 1 et DT 3, analysez l'installation et les conditions de son exploitation. Distinguez les fonctions des équipements et les vérifications pouvant être réalisées par un opérateur habilité dans le cadre des procédures locales.

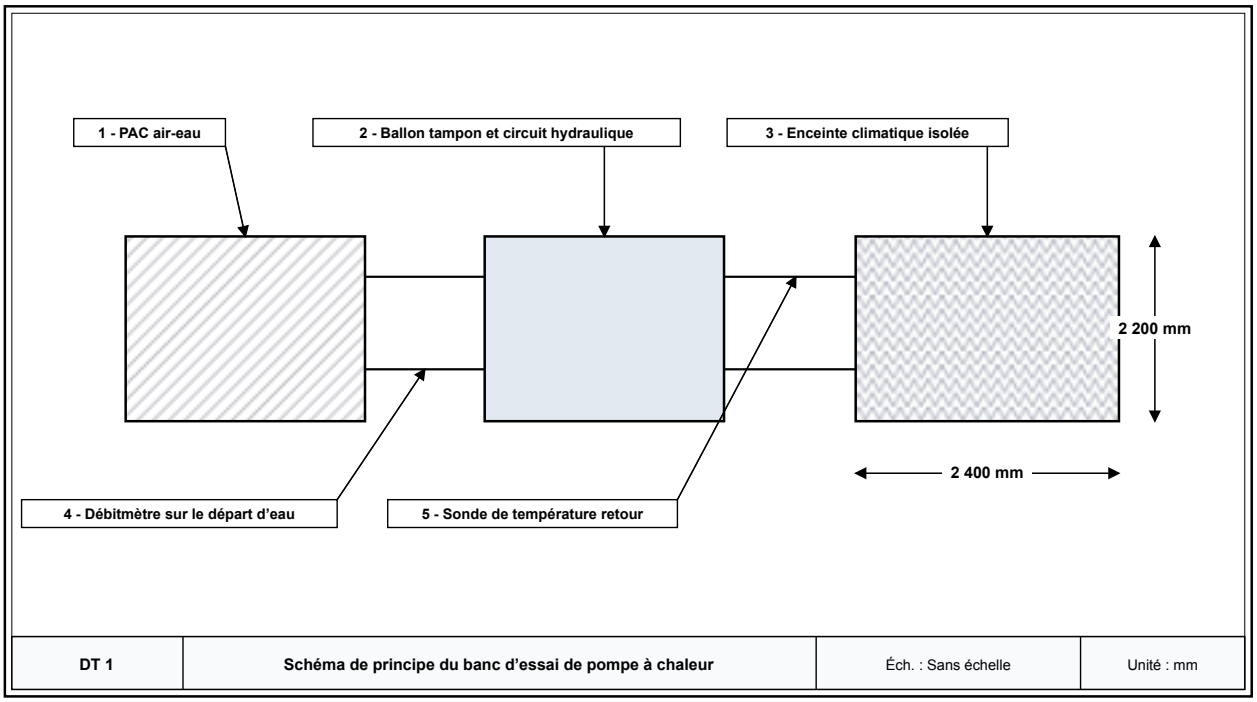


Schéma fonctionnel non à l'échelle. Les dimensions indiquées sont des données de l'enceinte d'essai.

1.1 (1,5 point) Décrivez la chaîne fonctionnelle entre la PAC, le circuit hydraulique et l'enceinte climatique. Précisez le rôle du ballon tampon et indiquez les grandeurs permettant de suivre le transfert thermique à l'eau.

1.2 (2 points) Relevez quatre organes de mesure, de commande ou de sécurité figurant dans le DT 1 ou le DT 3. Pour chacun, indiquez sa fonction dans l'exploitation ou la prévention d'un risque.

1.3 (1,5 point) Indiquez trois vérifications documentaires ou matérielles à effectuer avant toute intervention. Distinguez une vérification que l'opérateur peut réaliser sans ouvrir le circuit frigorifique d'une opération qui doit être confiée à une personne disposant des compétences et autorisations requises.

Partie 2 : Exploitation des mesures et diagnostic énergétique (5 points)

Calculer les performances, interpréter les mesures et quantifier les écarts

Utilisez les données des documents DT 2 et DT 3. Pour l'eau, on prendra la capacité thermique massique constante fournie au DT 2. Présentez les calculs avec les unités et arrondissez les résultats à trois chiffres significatifs, sauf indication contraire.

Relevés stabilisés de la séance d'essai

Grandeur	Valeur mesurée	Valeur de référence ou seuil
Température extérieure	2,0 °C	Conditions de l'essai
Température eau départ	40,8 °C	Consigne : 42,0 °C
Température eau retour	35,0 °C	Écart départ-retour attendu : environ 5 K
Débit massique d'eau	0,42 kg/s	Débit nominal : 0,60 kg/s
Puissance électrique active totale mesurée	4,65 kW	Référence de comparaison : 4,80 kW
Durée du créneau de fonctionnement	6,0 h	Créneau continu
Énergie thermique calculée au compteur thermique	61,0 kWh	COP de référence : 2,80
Perte de charge relevée au filtre hydraulique	42 kPa	Seuil d'entretien : 25 kPa

Mesures fournies par le responsable de plateforme pour le créneau étudié.

2.1 (2 points) Calculez la puissance thermique transférée à l'eau à partir du débit massique et de l'écart de température. Utilisez $\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$, avec $c_p = 4,18\ \mathrm{kJ\,kg^{-1}\,K^{-1}}$. Comparez le résultat à la valeur obtenue en divisant l'énergie thermique mesurée par la durée du créneau.

2.2 (1,5 point) Calculez le COP global du créneau à partir de l'énergie thermique mesurée et de l'énergie électrique consommée. Calculez ensuite l'énergie électrique du créneau à partir de la puissance active et de la durée, puis le coût correspondant avec le tarif de $0,24\ €\,\mathrm{kWh^{-1}}$ fourni au DT 2. Précisez l'hypothèse utilisée pour le calcul du coût.

2.3 (1,5 point) Quantifiez en pourcentage l'écart du débit mesuré par rapport au débit nominal, puis l'écart du COP calculé par rapport au COP de référence. À partir de l'ensemble des relevés, formulez un diagnostic priorisé et proposez deux contrôles non intrusifs permettant de confirmer ou d'infirmer vos hypothèses.

Partie 3 : Préparation de l'intervention et suivi de maintenance (5 points)

Préparer une intervention de premier niveau, consigner les résultats et suivre la performance

Le responsable de plateforme vous demande de préparer une intervention portant sur le filtre hydraulique, dont la perte de charge dépasse le seuil d'entretien. Vous ne devez pas intervenir sur le circuit frigorifique ni modifier un paramètre de régulation sans autorisation. Complétez le document réponse DR 1 et établissez un protocole opératoire synthétique adapté aux procédures du site.

Données d'exploitation pour préparer le plan de suivi

Indicateur	Valeur initiale	Seuil ou objectif	Fréquence de relevé demandée
Débit massique d'eau	0,42 kg/s	Au moins 0,55 kg/s après entretien	Avant et après intervention
Perte de charge du filtre	42 kPa	Au plus 25 kPa après entretien	Avant et après intervention
COP global du créneau	À calculer à la question 2.2	Référence : 2,80 dans les conditions de comparaison	À chaque créneau d'essai comparable
Énergie électrique	À calculer à la question 2.2	À relever au compteur dédié	Début et fin de chaque créneau

Les seuils ci-dessous sont des seuils de suivi définis dans le cahier des charges de la plateforme.

3.1 (2 points) Complétez dans le DR 1 le tableau de diagnostic : au moins deux causes possibles, un indice fourni par les relevés, un contrôle non intrusif associé et le résultat attendu si l'hypothèse est confirmée.

3.2 (1,5 point) Rédigez un protocole opératoire en six étapes au maximum pour préparer et réaliser, sous autorisation, le contrôle et l'entretien du filtre hydraulique. Faites apparaître la mise à l'arrêt, la consignation selon la procédure du site, la prévention du risque de pression et de température, la vérification après remise en service et la traçabilité.

3.3 (1,5 point) Définissez les relevés à effectuer avant et après l'intervention pour juger de son efficacité. Indiquez les conditions qui doivent rester comparables lors de deux essais et formulez un critère de décision à partir du débit et de la perte de charge cibles du cahier des charges.

Partie 4 : Prévention, sécurité et conformité de l'exploitation (5 points)

Évaluer les risques, appliquer les exigences QHSE et formaliser la remise en service

Avant toute action, appliquez les procédures de l'établissement et les consignes du responsable de plateforme. Les références réglementaires et normatives du DT 3 sont des repères à prendre en compte pour organiser le travail ; elles ne remplacent ni l'évaluation des risques du site ni les instructions du fabricant.

Situations dangereuses à analyser

Situation	Danger à considérer	Mesure de prévention à proposer
Ouverture du filtre hydraulique	Eau chaude et circuit sous pression	À compléter dans le DR 2
Intervention à proximité de l'alimentation électrique	Contact électrique ou remise sous tension intempestive	À compléter dans le DR 2
Intervention sur le circuit frigorifique contenant du R32	Pression, brûlure par le froid et fluide classé A2L	À compléter dans le DR 2

À utiliser avec les données de risques et les références du DT 3.

4.1 (2 points) Complétez le DR 2 en associant à chaque situation un risque précis et des mesures de prévention adaptées. Précisez pourquoi une intervention sur le circuit frigorifique ne relève pas d'une opération ordinaire de maintenance de premier niveau.

4.2 (1,5 point) Établissez les conditions minimales autorisant la remise en service après l'entretien du filtre : état du matériel, absence de fuite, retour à une situation sûre, contrôle des mesures et information du responsable. Indiquez les circonstances qui imposeraient l'arrêt de l'essai et l'alerte du responsable.

4.3 (1,5 point) Rédigez une conclusion professionnelle destinée au carnet d'exploitation. Elle doit rappeler le défaut observé, l'action autorisée à préparer, les indicateurs de performance à comparer et les limites de votre intervention au regard des procédures du site.

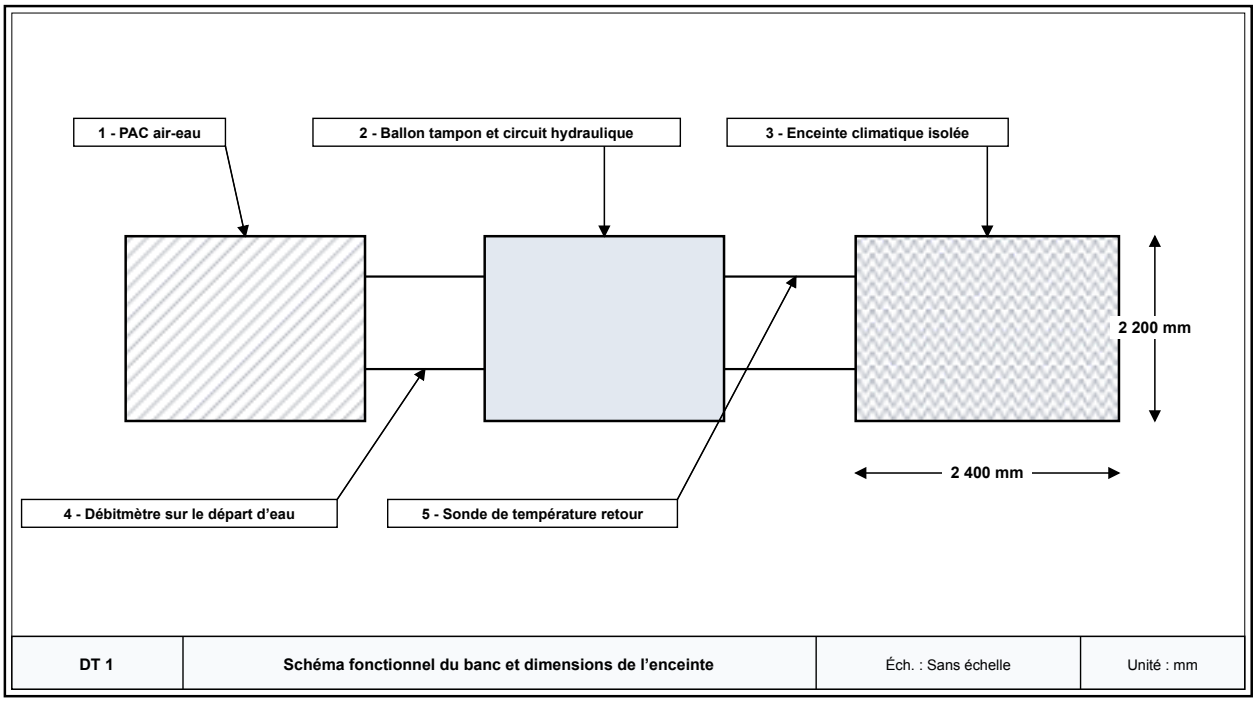
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE ET CARACTÉRISTIQUES DE L'ENCEINTE D'ESSAI

La plateforme comprend une PAC air-eau, un ballon tampon, un circuit hydraulique instrumenté et une enceinte climatique isolée. Le schéma indique les principaux équipements et points de mesure. L'enceinte a pour dimensions intérieures $2,40\ \text{m} \times 2,20\ \text{m} \times 2,10\ \text{m}$. Les panneaux isolants de paroi ont une épaisseur $e = 80\ \text{mm}$ et une conductivité thermique déclarée $\lambda = 0,032\ \text{W m}^{-1}\,\text{K}^{-1}$. La résistance thermique unidimensionnelle de la couche, hors ponts thermiques et résistances superficielles, se calcule par $R = e/\lambda$.

Le schéma est fonctionnel et n'autorise pas une intervention sur un équipement sans identification préalable, autorisation et application de la procédure locale.



Représentation fonctionnelle non à l'échelle. Les lignes matérialisent le départ et le retour du circuit hydraulique.

Données de conception de l’enceinte

Paramètre	Valeur	Unité
Longueur intérieure	2,40	m
Largeur intérieure	2,20	m
Hauteur intérieure	2,10	m
Épaisseur de panneau	80	mm
Conductivité thermique déclarée	0,032	W/(m·K)
Capacité thermique massique de l’eau	4,18	kJ/(kg·K)

Valeurs communiquées dans le dossier de la plateforme.

DT 2 : FICHE D’ESSAI, DONNÉES DE CALCUL ET CRITÈRES DE COMPARAISON

Les mesures du sujet sont supposées stabilisées sur le créneau étudié. La puissance électrique active totale inclut les auxiliaires mesurés sur le compteur dédié. Pour calculer l’énergie du créneau à partir de la puissance moyenne, utiliser $E = Pt$. Le COP global du créneau se calcule par $COP = E_{th}/E_{el}$. Pour une estimation du coût, le tarif conventionnel du sujet est $0,24\,€\,\mathrm{kWh}^{-1}$, appliqué à l’énergie électrique du compteur dédié.

La puissance thermique instantanée transférée à l’eau peut être estimée par $\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_{départ} - T_{retour})$. La puissance moyenne calculée à partir de l’énergie et de la durée ne coïncide pas nécessairement exactement avec l’estimation instantanée en raison des incertitudes de mesure et des variations de fonctionnement.

Paramètres de calcul et critères du cahier des charges

Paramètre ou critère	Valeur	Usage
Débit massique nominal d'eau	0,60 kg/s	Référence de conception
Débit minimal visé après entretien	0,55 kg/s	Critère local de réception de l'intervention
Perte de charge maximale visée au filtre après entretien	25 kPa	Seuil de suivi local
COP de référence	2,80	Comparaison dans des conditions d'essai comparables
Tarif électrique conventionnel	0,24 €/kWh	Estimation du coût du créneau
Relation de puissance thermique	$\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$	Calcul du transfert à l'eau
Relation d'énergie	$E = Pt$	Calcul de l'énergie consommée
Relation de COP	$COP = E_{th}/E_{el}$	Évaluation globale du créneau
Résistance thermique d'une couche homogène	$R = e/\lambda$	Résistance unidimensionnelle, hors effets de surface

Les critères de comparaison sont ceux de cette plateforme et des conditions d'essai indiquées.

DT 3 : RELEVÉS, ORGANES DE SÉCURITÉ ET REPÈRES QHSE

Les relevés d'essai sont ceux présentés dans la partie 2. Le filtre hydraulique présente une perte de charge mesurée de $42\ \mathrm{kPa}$, au-dessus du seuil d'entretien local de $25\ \mathrm{kPa}$. Le circuit contient de l'eau susceptible d'être chaude et sous pression. L'alimentation électrique doit être traitée conformément aux procédures de consignation et aux habilitations applicables au site.

La PAC contient du R32, fluide frigorigène classé A2L. Toute intervention sur le circuit frigorifique, toute récupération de fluide ou toute opération nécessitant l'ouverture du circuit relève de personnels et de procédures répondant aux exigences réglementaires applicables. L'opérateur chargé de l'observation ne doit ni ouvrir ce circuit ni manipuler le fluide.

Repères réglementaires et normatifs à considérer : Code du travail, notamment les principes de prévention des risques professionnels et les dispositions relatives à l'utilisation des équipements de travail et aux risques électriques ; NF EN 378 pour les exigences de sécurité et d'environnement des systèmes frigorifiques et pompes à chaleur ; prescriptions du fabricant et procédures de consignation du site. La référence à un texte ne remplace pas l'analyse de risque ni les consignes locales.

Organes, risques et exigences d’exploitation

Équipement ou situation	Fonction ou risque	Exigence d’exploitation
Débitmètre et sondes de température	Mesurer le débit et l’écart de température de l’eau	Vérifier l’identification, la cohérence des valeurs et l’état apparent
Filtre hydraulique	Retenir les particules ; perte de charge élevée susceptible de limiter le débit	Contrôle et entretien suivant procédure, autorisation et conditions de pression/température sûres
Alimentation électrique et armoire	Risque de choc électrique et de remise sous tension intempestive	Appliquer les règles de consignation et d’intervention du site
Circuit frigorifique R32, classe A2L	Circuit sous pression ; fluide présentant un risque d’inflammabilité	Ne pas ouvrir ni manipuler le fluide hors intervention autorisée par personnel compétent
Enceinte climatique	Risque de coincement ou d’isolement d’une personne à l’intérieur	Vérifier les conditions d’accès et le dispositif d’ouverture avant l’essai
Références de prévention	Code du travail, NF EN 378, prescriptions fabricant et procédures locales	Appliquer l’évaluation des risques et les documents en vigueur sur le site

Synthèse destinée à l’analyse de l’intervention.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : Diagnostic et plan de suivi

À RENDRE AVEC LA COPIE

Complétez les cases « ... » à partir des documents techniques et de vos calculs. Les réponses doivent être formulées de façon exploitable par le responsable de plateforme.

Tableau de diagnostic à compléter

Cause possible	Indice du dossier	Contrôle non intrusif proposé	Résultat attendu si l'hypothèse est confirmée
Restriction de débit au filtre hydraulique	.....	.....	.....
Défaut de mesure ou de cohérence des sondes	.....	.....	.....
Autre hypothèse argumentée	.....	.....	.....

Plan de relevés avant et après intervention

Indicateur	Valeur initiale	Valeur après intervention	Critère de décision
Débit massique d'eau	0,42 kg/s	.....	Au moins 0,55 kg/s
Perte de charge au filtre	42 kPa	.....	Au plus 25 kPa
COP global	.....	.....	Comparer à 2,80 dans des conditions comparables
Énergie électrique du créneau	.....	.....	Consigner au compteur dédié et comparer à service rendu comparable

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 : Analyse des risques et conditions de remise en service

À RENDRE AVEC LA COPIE

Complétez le tableau en indiquant le risque principal et les mesures de prévention. Les mesures doivent respecter la procédure du site et ne doivent pas décrire une intervention sur le circuit frigorifique.

Évaluation des risques à compléter

Situation	Risque identifié	Prévention et conditions préalables	Condition d'arrêt ou d'alerte
Ouverture du filtre hydraulique	.....	.....	.....
Travail à proximité de l'alimentation électrique	.....	.....	.....
Présence du circuit frigorifique R32	.....	.....	.....
Remise en service après entretien	.....	.....	.....

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.