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 BP Froid, veuillez visiter :
bpfroid.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET PROFESSIONNEL

INSTALLATEUR, DÉPANNEUR EN FROID ET CONDITIONNEMENT D'AIR

SESSION 2026

ÉPREUVE E1 : UNITÉ U10, PRÉPARATION D'UN SYSTÈME THERMODYNAMIQUE

Coefficient : 4 Durée : 4 heures

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

Composition de l'épreuve	Support
PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 2 : Étude technologique, choix des matériels et dimensionnement (7 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 3 : Préparation des équipements et protocole opératoire (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 4 : Prévention et sécurité (3 points)	Dossier Questionnement
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES (DT 1, DT 2, DT 3)	Fourni avec le sujet
DOCUMENTS RÉPONSES (DR 1, DR 2) : À RENDRE AVEC LA COPIE	Fin de sujet

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES DOCUMENTS RÉPONSES SITUÉS EN FIN DE DOSSIER SONT À COMPLÉTER ET À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : FROID SERVICE LOIRE, ENTREPRISE D'INSTALLATION ET DE MAINTENANCE FRIGORIFIQUE, SAINT-ÉTIENNE (LOIRE)

Froid Service Loire prépare l'installation d'une chambre froide positive destinée au stockage de produits frais dans le laboratoire de préparation de la société Saveurs du Forez, à Saint-Étienne. Le présent sujet porte sur la préparation du système thermodynamique, l'exploitation du dossier technique, le dimensionnement préliminaire, le métré et l'organisation sûre de l'intervention. Les opérations pratiques de pose et de mise en service ne sont pas demandées.

La chambre doit maintenir une température intérieure de **+4 °C**. La température extérieure de calcul est de **+36 °C**. Le groupe frigorifique fonctionnera avec le fluide frigorigène R448A. Le matériel doit être préparé pour une installation conforme aux notices des fabricants et aux exigences applicables de sécurité, de protection de l'environnement et de traçabilité des fluides frigorigènes.

Le sujet comporte quatre parties. Les réponses sont à présenter avec les unités, les calculs intermédiaires utiles et un arrondi cohérent. Le barème total est de 20 points.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (5 points)

Exploiter le cahier des charges et préparer une intervention conforme

À l'aide des documents DT 1 et DT 3, vous préparez l'intervention dans le laboratoire de Saveurs du Forez. Le local technique est accessible depuis la cour de service. Le groupe extérieur sera posé sur une console murale, à 2,2 m du sol. La chambre est occupée par le personnel du laboratoire pendant les horaires de production.

Données principales du cahier des charges

Paramètre	Valeur	Unité
Dimensions intérieures de la chambre	4,00 × 3,00 × 2,50	m
Température intérieure de consigne	+4	°C
Température extérieure de calcul	+36	°C
Entrée quotidienne de produits	180	kg/jour
Température des produits à l'entrée	+18	°C
Durée quotidienne retenue pour le refroidissement des produits	18	h

Données communiquées par le client et relevées sur site.

1.1 (2 points) À partir du cahier des charges et du DT 1, rédiger une analyse fonctionnelle concise du système : fonction principale, température à maintenir, contraintes liées à l'usage du local et localisation des principaux équipements.

1.2 (1,5 point) Le fluide R448A a un PRG de 1 387. Pour une charge prévisionnelle de 2,40 kg, calculer la masse équivalente de CO_2 en tonnes, selon la relation $m_{CO_2e} = m_{fluide} \times PRG$. Indiquer si cette charge atteint le seuil de 5 tonnes équivalent CO_2 mentionné au DT 3.

1.3 (1,5 point) Indiquer trois mesures de préparation à mettre en œuvre avant l'intervention afin de protéger les personnes, les produits et l'environnement. Une mesure doit concerner spécifiquement la manipulation du fluide frigorigène.

PARTIE 2 : Étude technologique, choix des matériels et dimensionnement (7 points)

Évaluer les charges thermiques, vérifier la puissance et préparer le métré

Les caractéristiques thermiques et les données de fonctionnement sont fournies dans le DT 2. Pour les calculs, retenir les hypothèses simplificatrices indiquées dans les documents. La puissance frigorifique de calcul est déterminée en ajoutant une marge de 15 % à la charge thermique totale estimée.

Données de calcul des charges thermiques

Contribution	Données à utiliser	Durée ou hypothèse
Parois opaques	Surfaces et coefficients U du DT 2	Écart thermique selon le DT 2
Porte	1,80 m² et U = 1,50 W/(m²·K)	Écart thermique selon le DT 2
Produits	180 kg/jour, cp = 3,70 kJ/(kg·K)	Refroidissement sur 18 h
Charges internes et renouvellement d'air	Valeurs données dans le DT 2	Puissances moyennes

Les valeurs détaillées et les hypothèses d'application sont données dans le DT 2.

2.1 (2,5 points) Calculer les puissances thermiques transmises par les parois, la porte et les produits, puis la charge thermique totale en ajoutant les charges internes et de renouvellement d'air données au DT 2. Présenter les contributions séparément. Pour les parois, utiliser $P = U \times A \times \Delta T$. Pour les produits, utiliser $P = \frac{m \times c_p \times \Delta T}{t}$, en convertissant les unités de manière cohérente.

2.2 (1 point) Déterminer la puissance frigorifique de calcul avec une marge de 15 %. Comparer le résultat aux deux modèles de groupes proposés au DT 2 et retenir un modèle. Justifier le choix à partir de sa puissance disponible au point de fonctionnement indiqué.

2.3 (1,5 point) À partir des enthalpies du DT 2, calculer l'effet frigorifique massique $h_1 - h_4$, le travail massique du compresseur $h_2 - h_1$, le débit massique correspondant à une puissance frigorifique de 1,80 kW, puis le COP frigorifique. Utiliser $\dot{Q}_0 = \dot{m}(h_1 - h_4)$ et $COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$.

2.4 (1 point) Vérifier que le débit d'air proposé est cohérent avec une puissance sensible de 1,80 kW et un écart de température d'air de 6 K, à l'aide de $\dot{Q} = \rho c_p \dot{V} \Delta T$. Utiliser les valeurs de masse volumique et de capacité thermique de l'air données au DT 2.

2.5 (1 point) Compléter le DR 1 : établir le métré des canalisations frigorifiques et de leur isolation, calculer le coût des fournitures indiqué dans le DT 2 et déterminer le taux de chute de cuivre à partir des longueurs d'approvisionnement et des longueurs nécessaires.

PARTIE 3 : Préparation des équipements et protocole opératoire (5 points)

Établir une nomenclature et ordonner les opérations de préparation

Les longueurs de réseaux à préparer sont celles du DT 2. Les longueurs de coupe doivent intégrer les marges de raccordement prévues dans ce document. Les opérations seront réalisées par du personnel compétent, avec les équipements adaptés et conformément aux notices des matériels.

Ordre de préparation proposé

Étape	Action à préparer	Contrôle ou document associé
1	Vérification du dossier et repérage	.....
2	Préparation des matériels et des réseaux	.....
3	Contrôles avant intervention	.....
4	Gestion du fluide et traçabilité	.....

Le candidat complète le DR 2 en s'appuyant sur les données des DT 1 à DT 3.

3.1 (2 points) Compléter la nomenclature et la feuille de débit du DR 1. Pour chaque ligne, indiquer la longueur à couper, la quantité à préparer et le coût correspondant lorsque le tarif est fourni. Les coudes, raccords et supports sont à reprendre des quantités données au DT 2.

3.2 (2 points) Compléter le DR 2 en proposant un protocole de préparation ordonné, depuis la vérification du dossier jusqu'à la préparation des réseaux et des équipements. Faire apparaître au minimum le contrôle des références, le repérage des circuits, la protection des extrémités des tubes et la vérification de la disponibilité des équipements de protection.

3.3 (1 point) Le DT 2 donne une épaisseur d'isolation de 19 mm et une conductivité thermique de $0,036\ W/(m \cdot K)$. Calculer la résistance thermique d'une couche d'isolation homogène à l'aide de $R = \frac{e}{\lambda}$, en convertissant l'épaisseur en mètres. Donner l'unité et préciser une limite de cette vérification simplifiée pour une canalisation cylindrique.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (3 points)

Identifier les risques et définir les mesures de prévention

La préparation concerne une intervention dans un laboratoire alimentaire en activité. Le groupe extérieur est prévu sur une console murale à 2,2 m du sol. Les travaux de brasage éventuels sont confiés à des opérateurs habilités, après autorisation et mise en place des mesures de prévention adaptées.

Analyse des risques à compléter

Situation ou risque	Mesure de prévention à proposer
Travail en hauteur pour la pose de la console	.....
Brasage et risque d'incendie	.....
Manipulation ou récupération du fluide frigorigène	.....

Compléter le DR 2 pour les risques indiqués.

4.1 (2 points) Compléter le tableau de prévention du DR 2. Pour chaque situation, proposer une mesure de prévention collective ou organisationnelle prioritaire et, si nécessaire, une mesure individuelle complémentaire. Les propositions doivent être adaptées aux risques décrits.

4.2 (1 point) Indiquer les dispositions à prendre pour protéger les denrées et les personnes présentes dans le laboratoire avant une opération susceptible de produire des poussières, des projections ou des fumées. Préciser également le principe à respecter pour éviter le rejet volontaire de fluide frigorigène dans l'atmosphère.

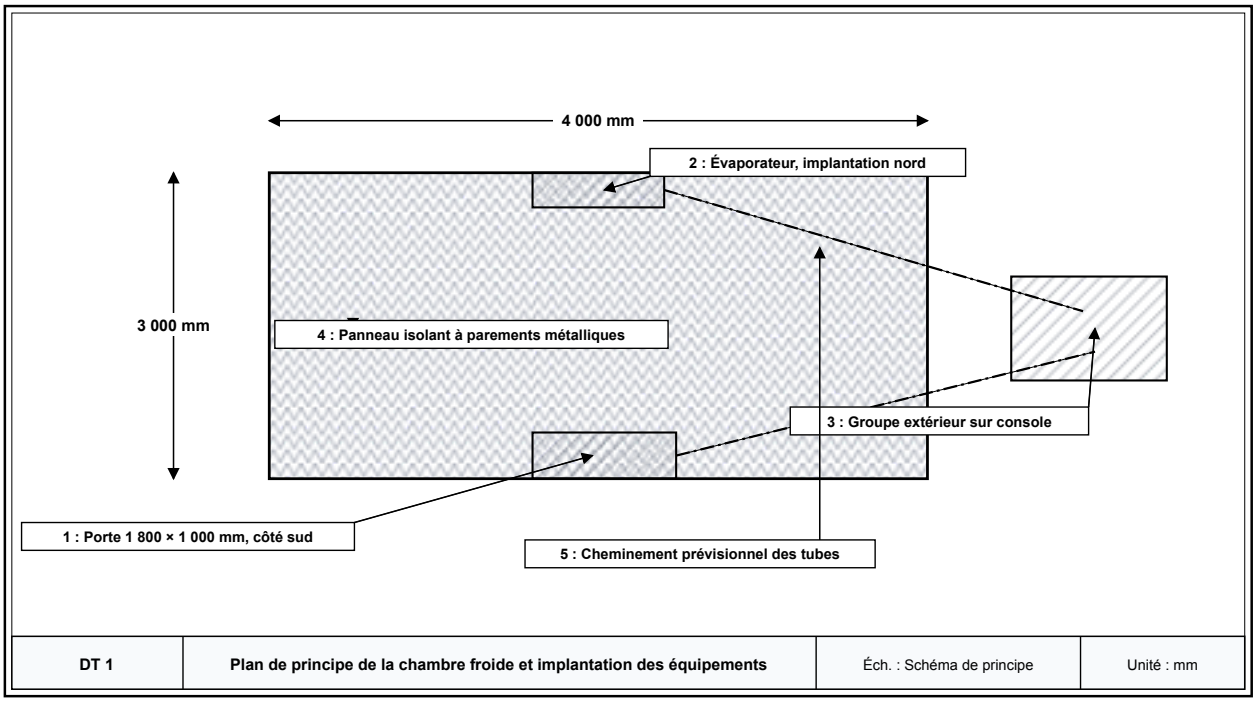
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : PLAN DE LA CHAMBRE FROIDE ET IMPLANTATION PRÉVISIONNELLE

Plan de principe, non destiné à l'exécution. Les dimensions intérieures de la chambre sont de 4 000 mm par 3 000 mm. La hauteur intérieure est de 2 500 mm. La porte de 1 800 mm par 1 000 mm est située sur le petit côté sud. Le groupe extérieur est fixé sur une console dans la cour de service. Le cheminement prévisionnel des canalisations entre le groupe et l'évaporateur est indiqué au plan et précisé au DT 2.

Les parois de la chambre sont constituées de panneaux frigorifiques à parements métalliques avec âme isolante. L'évaporateur est installé dans la partie nord du local, de manière à ne pas souffler directement sur la porte. Les dégagements nécessaires à l'entretien et au balayage de l'air doivent être vérifiés à partir des notices des fabricants.



Les cotes écrites font foi. Les formes représentent les limites intérieures et les équipements principaux.

Surfaces de calcul des parois

Élément	Surface	Température de l'autre côté
Murs opaques nets	31,5 m²	+36 °C
Plafond	12,0 m²	+36 °C
Sol	12,0 m²	+16 °C
Porte	1,80 m²	+36 °C

Surfaces nettes communiquées pour le dimensionnement. La porte est traitée séparément.

DT 2 : DONNÉES DE DIMENSIONNEMENT, CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIELS ET FOURNITURES

Pour cette étude, les valeurs ci-dessous sont des données de calcul du dossier. Les coefficients U sont des valeurs globales de transmission des parois. Le coefficient de transmission du sol est appliqué à l'écart de température indiqué dans le tableau. Les puissances internes et de renouvellement d'air sont des puissances moyennes simultanées.

La charge thermique totale comprend les transmissions des murs, du plafond, du sol et de la porte, le refroidissement quotidien des produits, les charges internes et le renouvellement d'air. Pour le refroidissement des produits, retenir une température finale de +4 °C et une capacité thermique massique de 3,70 kJ/(kg·K). La durée de refroidissement est de 18 h.

Coefficients thermiques et charges à prendre en compte

Élément	Coefficient ou puissance	Écart de température à retenir
Murs opaques nets	U = 0,32 W/(m²·K)	32 K
Plafond	U = 0,25 W/(m²·K)	32 K
Sol	U = 0,30 W/(m²·K)	12 K
Porte	U = 1,50 W/(m²·K)	32 K
Éclairage	60 W	Puissance moyenne
Ventilateur d'évaporateur	180 W	Puissance moyenne
Présence du personnel	100 W	Puissance moyenne
Renouvellement d'air et ouvertures	250 W	Puissance moyenne
Masse volumique de l'air	1,20 kg/m³	Valeur constante
Capacité thermique massique de l'air	1 005 J/(kg·K)	Valeur constante

Données conventionnelles du cas d'étude.

Choix de matériel et données du cycle frigorifique

Donnée	Valeur
Groupe A : puissance frigorifique disponible	1,30 kW
Groupe B : puissance frigorifique disponible	1,80 kW
Débit d'air nominal de l'évaporateur	0,25 m³/s
Enthalpie en entrée compresseur, h1	398 kJ/kg
Enthalpie en sortie compresseur, h2	440 kJ/kg
Enthalpie après détente, h4	250 kJ/kg
Fluide frigorigène	R448A
PRG du fluide pour le calcul du dossier	1 387
Charge prévisionnelle de R448A	2,40 kg

Puissances disponibles indiquées pour une température d'évaporation de -10 °C et une température de condensation de +40 °C.

Métré des lignes frigorifiques et tarifs de fournitures

Fourniture	Parcours ou quantité de base	Caractéristique ou tarif unitaire
Tube cuivre ligne liquide	8,0 m de parcours	Diamètre extérieur 10 mm, 8,00 €/m
Tube cuivre ligne aspiration	8,0 m de parcours	Diamètre extérieur 16 mm, 12,00 €/m
Isolant de la ligne aspiration	Longueur égale à celle du tube aspiration préparé	Épaisseur 19 mm, λ = 0,036 W/(m·K), 4,50 €/m
Isolant de la ligne liquide	Longueur égale à celle du tube liquide préparé	4,00 €/m
Coudes cuivre	4 pièces	3,20 €/pièce
Supports de canalisation	6 pièces	2,00 €/pièce
Longueur commerciale de tube liquide disponible	10,0 m	Une longueur commerciale
Longueur commerciale de tube aspiration disponible	10,0 m	Une longueur commerciale

Les longueurs de parcours sont mesurées sur le cheminement prévu. Ajouter 10 % à chaque longueur de tube pour les raccordements et les ajustements. Le coût matière est calculé sur les longueurs à préparer.

Données d'isolation et relation de résistance thermique

Grandeur	Valeur
Épaisseur d'isolation e	19 mm
Conductivité thermique λ	0,036 W/(m·K)
Relation fournie	R = e/λ

Calcul simplifié sur une couche plane homogène : la géométrie cylindrique du tube n'est pas prise en compte.

DT 3 : EXIGENCES DE PRÉPARATION, SÉCURITÉ ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les indications ci-dessous constituent les exigences applicables au cas de l'intervention. Les opérations doivent être organisées selon l'évaluation des risques de l'entreprise, les notices des fabricants et les règles en vigueur. Les interventions sur les équipements contenant des fluides frigorigènes sont réservées aux personnes disposant des attestations et compétences requises.

Points de contrôle réglementaires et de prévention

Thème	Exigence à appliquer pour l'intervention
Fluide frigorigène	Ne pas rejeter volontairement le fluide dans l'atmosphère. Prévoir la récupération dans un contenant adapté, l'identification du fluide et la traçabilité des opérations.
Personnel intervenant	Vérifier les compétences, attestations et autorisations nécessaires pour les opérations prévues sur le circuit frigorifique.
Travaux par point chaud	Évaluer le risque incendie, obtenir l'autorisation de travail par point chaud selon l'organisation du site, éloigner ou protéger les combustibles et disposer de moyens d'extinction adaptés.
Travail en hauteur	Privilégier un équipement de travail adapté et stable. Vérifier les conditions d'accès et de protection contre les chutes conformément à l'évaluation des risques et aux règles applicables.
Laboratoire alimentaire	Protéger ou retirer les denrées exposées, baliser la zone et prévenir le responsable du laboratoire avant les opérations générant poussières, fumées ou projections.
Vérification du seuil de 5 tonnes équivalent CO_2	Pour le calcul demandé au sujet, comparer la charge équivalente calculée à 5 tonnes équivalent CO_2. Ce calcul ne remplace pas la vérification de toutes les obligations applicables à l'équipement et à son fluide.
Équipements de protection	Choisir les équipements en fonction de l'évaluation des risques et des notices : protection des yeux et des mains, vêtements adaptés et moyens de prévention complémentaires selon l'opération.

À prendre en compte lors de la préparation et de l'organisation de l'intervention.

Règles de préparation des canalisations

Opération	Consigne
Repérage	Identifier les lignes liquide et aspiration avant coupe.
Coupe	Employer un outil adapté et ébavurer sans introduire de copeaux dans le tube.
Protection des extrémités	Maintenir les tubes propres et obturer leurs extrémités jusqu'au raccordement.
Isolation	Préparer une isolation continue de la ligne aspiration, sans écrasement ni discontinuité.
Contrôle documentaire	Vérifier les références, diamètres, quantités et compatibilités à partir des notices.

Consignes de préparation données par le responsable de chantier.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Feuille de débit, métré et nomenclature, questions 2.5 et 3.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les cases marquées « ... ». Pour le métré des tubes, appliquer la majoration de 10 % aux parcours. Pour le taux de chute, comparer la longueur commerciale disponible à la longueur à préparer. Les prix sont hors taxes et ne comprennent pas la main-d'œuvre.

Feuille de débit et coût des fournitures

Désignation	Parcours ou quantité de base	Longueur ou quantité à préparer	Prix unitaire	Coût
Tube cuivre ligne liquide, diamètre 10 mm	8,0 m	.....	8,00 €/m	.....
Tube cuivre ligne aspiration, diamètre 16 mm	8,0 m	.....	12,00 €/m	.....
Isolant ligne liquide	Longueur du tube liquide préparé	.....	4,00 €/m	.....
Isolant ligne aspiration, épaisseur 19 mm	Longueur du tube aspiration préparé	.....	4,50 €/m	.....
Coudes cuivre	4 pièces	.....	3,20 €/pièce	.....
Supports de canalisation	6 pièces	.....	2,00 €/pièce	.....
Total fournitures renseignées	.....	.....	.....	.....

Calcul du taux de chute des tubes

Tube	Longueur commerciale disponible	Longueur à préparer	Chute	Taux de chute
Ligne liquide	10,0 m	.....	.....	.....
Ligne aspiration	10,0 m	.....	.....	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Protocole opératoire et analyse de prévention, questions 3.2, 4.1 et 4.2 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux avec des actions concrètes et ordonnées. Indiquer des mesures adaptées au site et aux risques décrits dans le sujet. Les réponses doivent rester compatibles avec les notices des matériels et l'évaluation des risques de l'entreprise.

Protocole de préparation de l'intervention

Étape	Action à préparer	Contrôle, matériel ou document associé
1	Vérification du dossier et repérage des équipements	.....
2	Vérification des références, quantités et compatibilités	.....
3	Préparation, coupe, ébavurage et protection des tubes	.....
4	Organisation de la zone et protection du laboratoire	.....
5	Préparation de la gestion et de la traçabilité du fluide	.....

Analyse des risques et mesures de prévention

Situation ou risque	Mesure collective ou organisationnelle prioritaire	Mesure individuelle ou contrôle complémentaire
Travail en hauteur pour la pose de la console à 2,2 m	.....	.....
Brasage et risque d'incendie	.....	.....
Manipulation ou récupération du fluide frigorigène	.....	.....
Poussières, fumées ou projections en laboratoire alimentaire	.....	.....

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.