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

LICENCE SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

ÉVALUATION DE COMPÉTENCE C9 : ÉVALUER, METTRE EN CONFORMITÉ OU À NIVEAU, OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT D'OUVRAGES, DE SYSTÈMES, DE PRODUITS TECHNOLOGIQUES OU D'INSTALLATIONS INDUSTRIELLES

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR	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 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 : THERMOPROCESS RHÔNE, CAS D'ÉTUDE RECONSTITUÉ D'UN SITE INDUSTRIEL DE CONDITIONNEMENT, SECTEUR DE SAINT-PRIEST (RHÔNE)

Cadre de l'épreuve : le libellé C9 et le coefficient 3,0 sont ceux communiqués pour cette évaluation. Les modalités d'évaluation de la licence Sciences pour l'ingénieur étant définies par l'établissement, le présent code et la durée constituent les paramètres de l'épreuve présentée ici.

Le responsable de maintenance de ThermoProcess Rhône vous confie l'évaluation d'une boucle d'eau chaude alimentant un échangeur de procédé. La tuyauterie étudiée mesure 120 m. L'installation fonctionne 5 000 h par an. Une partie de l'isolation est dégradée et la pompe fonctionne à débit constant malgré des besoins variables.

Votre mission consiste à diagnostiquer l'installation, à vérifier les données de dimensionnement, à proposer une mise à niveau réalisable et à préparer une intervention sûre. Les données nécessaires sont fournies dans le dossier technique DT 1 à DT 3. Les réponses demandées dans les documents DR 1 et DR 2 sont à remettre avec la copie. Les calculs seront présentés avec les unités et les hypothèses retenues.

Le barème comporte quatre parties pour un total de 20 points. Les références réglementaires et normatives du dossier servent de cadre d'analyse ; elles ne remplacent pas les procédures propres au site.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle, diagnostic et cadre réglementaire (4 points)

Évaluer l'installation et identifier les exigences applicables

À partir de la mise en situation et des documents DT 1 à DT 3, caractérisez le service rendu par la boucle d'eau chaude, puis relevez les écarts et les points à vérifier avant toute modification.

Données de fonctionnement à analyser

Paramètre	Valeur relevée	Valeur ou exigence de référence
Température départ / retour	80 °C / 60 °C	Consigne de procédé : départ 80 °C
Débit de la pompe	18 m³/h constant	Besoin variable selon la production
Isolation existante	15 mm, état dégradé par endroits	Projet : 40 mm d'isolant neuf
Température ambiante de calcul	20 °C	Valeur conventionnelle du dossier

Données du site, détaillées dans DT 2 et DT 3.

1.1 (1 point) Présentez la fonction de la boucle étudiée et identifiez deux grandeurs de fonctionnement à surveiller pour assurer le service de l'échangeur.

1.2 (1,5 point) À l'aide du DT 2, associez chaque référence réglementaire ou normative à son domaine d'application dans l'intervention. Citez deux vérifications documentaires ou techniques à effectuer avant de valider la modification.

1.3 (1,5 point) Relevez trois écarts ou risques techniques visibles dans les données du dossier. Pour chacun, indiquez une conséquence possible sur la sécurité, la disponibilité ou la consommation énergétique de l'installation. Complétez le tableau du DR 1.

PARTIE 2 : Étude technologique, dimensionnement et chiffrage (7 points)

Calculer les besoins de remise à niveau et estimer les gains

Utilisez les données et hypothèses des DT 1 à DT 3. Pour les calculs thermiques demandés, assimilez la paroi cylindrique à une paroi plane et utilisez la surface extérieure de l'isolant neuf. La relation imposée est $R = e/\lambda$, puis $\Phi = A\Delta T/R$. Les pertes calculées sont des estimations comparatives : les ponts thermiques et les résistances superficielles sont négligés.

Données de calcul de la tuyauterie

Grandeur	Valeur
Longueur de tuyauterie	120 m
Diamètre extérieur du tube	60,3 mm
Épaisseur d'isolant neuf	40 mm
Conductivité thermique de l'isolant neuf	0,036 W/(m·K)
Température moyenne du fluide	70 °C
Température ambiante	20 °C
Durée annuelle de fonctionnement	5 000 h
Prix de l'électricité	0,14 €/kWh

Valeurs extraites du dossier technique.

2.1 (2 points) Déterminez le diamètre extérieur de l'isolant, puis la surface latérale à isoler en utilisant $A = \pi DL$. Ajoutez une marge de 10 % pour les découpes et les reprises. Les panneaux disponibles mesurent 1,00 m × 0,50 m. Déterminez le nombre entier de panneaux à commander.

2.2 (2 points) Calculez la résistance thermique surfacique de l'isolant neuf avec $R = e/\lambda$. Estimez ensuite la puissance thermique perdue après travaux avec $\Phi = A\Delta T/R$. Comparez-la à la situation existante, en utilisant pour l'isolant existant $e = 0,015$ m, $\lambda = 0,040$ W/(m·K) et le diamètre extérieur isolé de 90,3 mm. Présentez les deux puissances en kW et estimez l'économie annuelle d'énergie en kWh pour 5 000 h de fonctionnement. Complétez le DR 1.

2.3 (1,5 point) La pompe fournit un débit de 18 m³/h sous une différence de pression de 2,4 bar. Son rendement global mesuré est de 0,62. Calculez sa puissance électrique absorbée en utilisant $P = Q\Delta p/\eta$, après conversion en unités SI. Calculez l'énergie électrique consommée en 5 000 h à ce régime.

2.4 (1,5 point) À partir du nombre de panneaux calculé, estimez le coût de l'isolant à 18,50 € par panneau. Calculez le coût de l'habillage métallique : la surface extérieure calculée en 2.1 majorée de 10 %, au prix de 12,00 €/m². Calculez le coût total des matériaux, puis le temps de retour simple de l'investissement en divisant ce coût par l'économie annuelle d'énergie valorisée à 0,14 €/kWh. Arrondissez le temps de retour au dixième d'année.

PARTIE 3 : Préparation de l'intervention et protocole opératoire (5 points)

Préparer les approvisionnements, la fabrication et les contrôles

Préparez l'intervention de remplacement de l'isolation sur la boucle. Les supports seront réalisés dans l'atelier à partir de tôle d'acier de 3 mm. Les opérations de perçage sont effectuées sur une perceuse à colonne équipée d'un foret HSS de 10 mm. La vitesse de coupe recommandée pour cette opération est de 20 m/min.

Paramètres de fabrication et critères de réception

Opération ou contrôle	Donnée imposée
Nombre de supports	8
Matière des supports	Acier S235, tôle de 3 mm
Foret	HSS, diamètre 10 mm
Vitesse de coupe	20 m/min
Contrôle après pose	Continuité de l'isolation, joints fermés, habillage fixé

Données du dossier de fabrication de l'intervention.

3.1 (1,5 point) Complétez le DR 2 avec les éléments principaux de la nomenclature et de la feuille de débit. Pour les panneaux et l'habillage, reportez les quantités calculées en partie 2. Pour les supports, reportez la quantité et la matière fournies.

3.2 (2 points) Rédigez un protocole opératoire ordonné comportant au moins six étapes, depuis la consignation de l'installation jusqu'à sa remise en service. Intégrez la préparation des surfaces, la pose de l'isolant, le traitement des joints, la pose de l'habillage et les contrôles de réception.

3.3 (1 point) Calculez la vitesse de rotation théorique de la perceuse avec $n = 1000 V_c / (\pi D)$, où V_c est exprimée en m/min et D en mm. Choisissez la vitesse de broche disponible la plus proche parmi 500, 630, 800 et 1 000 tr/min.

3.4 (0,5 point) Citez un contrôle à effectuer avant la remise en service et une mesure permettant de confirmer que le débit de la boucle reste compatible avec le fonctionnement de l'échangeur.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (4 points)

Évaluer les risques et définir les mesures de prévention

L'intervention se déroule en atelier et sur une installation en service dans une zone de production. La tuyauterie transporte de l'eau chaude à 80 °C. La pompe est alimentée en 400 V. La découpe de l'habillage peut produire des arêtes vives et des copeaux. Les mesures proposées doivent être compatibles avec les principes de prévention et les procédures de consignation du site.

Situations dangereuses à traiter

Situation	Dommage possible
Ouverture d'un circuit d'eau chaude non isolé	Brûlure, projection de liquide chaud
Intervention à proximité de la pompe alimentée	Électrisation ou démarrage intempestif
Découpe et perçage des pièces	Coupure, projection de copeaux, entraînement
Travail autour de tuyauteries et d'outillage	Heurt, chute de plain-pied, encombrement

Compléter l'analyse dans le DR 2.

4.1 (2 points) Pour les quatre situations présentées, indiquez une mesure de prévention collective ou organisationnelle et, si nécessaire, un équipement de protection individuelle adapté. Complétez le DR 2.

4.2 (1,5 point) Décrivez les étapes essentielles permettant d'éviter une remise en marche intempestive de la pompe avant intervention. Précisez comment vérifier l'absence d'énergie électrique et comment traiter le risque lié à l'eau chaude résiduelle.

4.3 (0,5 point) Citez une règle de rangement ou de gestion des déchets applicable à la fin de l'intervention et expliquez brièvement son intérêt pour la sécurité du site.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE ET COUPE DE LA BOUCLE D'EAU CHAUDE

Le schéma représente la conduite étudiée entre la pompe P1 et l'échangeur E1. Le fluide circule de gauche à droite. La ligne est constituée d'un tube métallique de diamètre extérieur 60,3 mm et de longueur totale 120 m. L'isolation existante a une épaisseur nominale de 15 mm ; le projet prévoit son remplacement par un isolant de 40 mm et un habillage métallique. Les formes du schéma sont représentatives et ne constituent pas un plan d'exécution.

La pompe P1 est alimentée en 400 V. Le projet ne modifie ni le diamètre de la conduite, ni l'échangeur, ni les organes de sécurité. Toute modification de ces éléments nécessite une validation technique distincte.

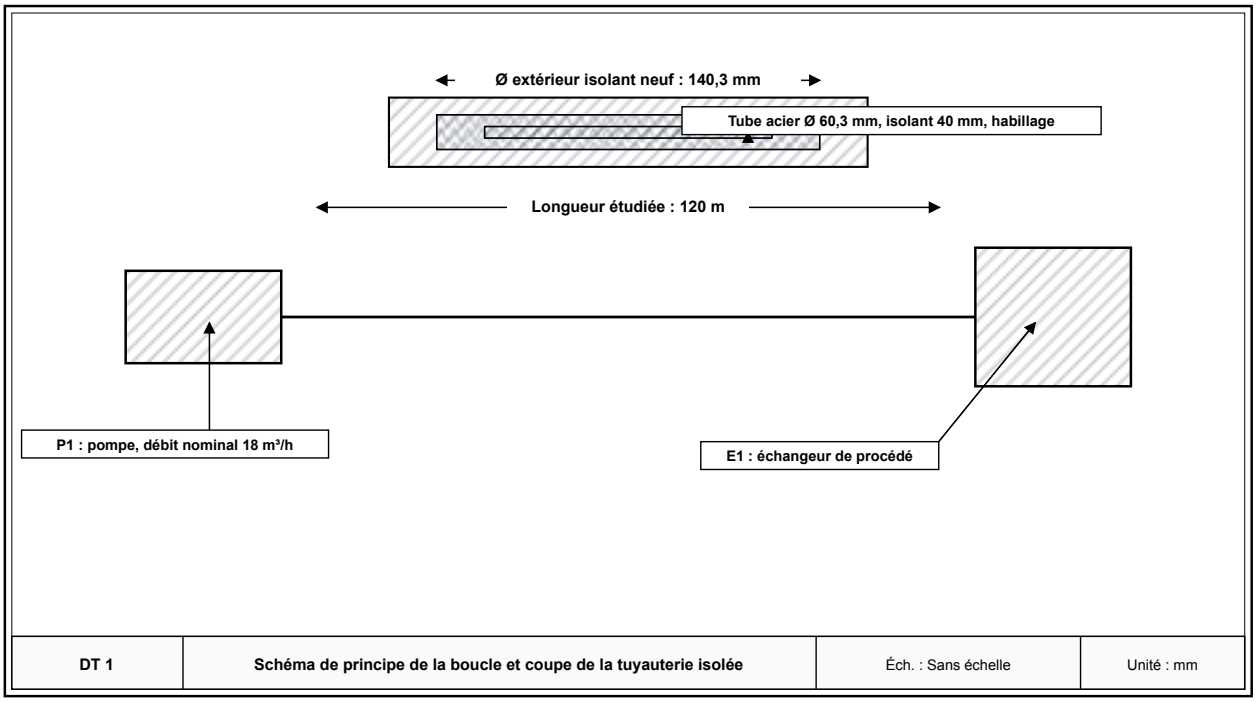


Schéma de principe non à l'échelle. Cotes réelles indiquées par les annotations.

DT 2 : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET RÉFÉRENCES DE PRÉVENTION

Les références ci-dessous sont des repères à mobiliser pour l'analyse. Leur applicabilité précise dépend de la configuration de l'installation, de son statut, de l'évaluation des risques et des procédures du site. Les paramètres de calcul et de fabrication utiles à l'épreuve sont indiqués dans le tableau.

Caractéristiques des composants et valeurs de calcul

Élément	Caractéristique ou valeur	Observation
Tube existant	Acier, diamètre extérieur 60,3 mm	Longueur étudiée : 120 m
Isolation existante	Épaisseur 15 mm ; conductivité 0,040 W/(m·K)	État dégradé par endroits
Isolation prévue	Épaisseur 40 mm ; conductivité 0,036 W/(m·K)	Panneau de 1,00 m × 0,50 m
Habillage	Tôle métallique ; prix 12,00 €/m²	Prévoir une marge de 10 %
Prix d'un panneau isolant	18,50 € par panneau	Achat par panneau entier
Calcul simplifié	$R = e/\lambda$; $\Phi = A\Delta T/R$	Résistances superficielles négligées
Calcul de surface	$A = \pi DL$	Surface latérale cylindrique assimilée
Références de sécurité	Code du travail, principes généraux de prévention ; articles R. 4321-1 et suivants	Choix et utilisation des équipements de travail
Référence de conception sûre	NF EN ISO 12100, sécurité des machines : appréciation et réduction du risque	Référence à considérer pour l'analyse des risques des équipements concernés
Équipement électrique des machines	NF EN 60204-1, sécurité des machines : équipement électrique	Vérifier l'application au matériel et à l'opération concernés
Consignation	Procédure de consignation du site et habilitations adaptées aux opérations	Identifier, séparer, condamner, vérifier et traiter les énergies résiduelles

Données mises à disposition du candidat.

DT 3 : RELEVÉS DE FONCTIONNEMENT, COÛTS ET DONNÉES DE FABRICATION

Les valeurs suivantes proviennent du relevé de maintenance et du devis matière du cas d'étude. Le régime de calcul thermique utilise une température moyenne d'eau de 70 °C et une température ambiante de 20 °C. La durée annuelle retenue pour les estimations est de 5 000 h et le prix de l'électricité est de 0,14 €/kWh. Pour les supports, le débit matière est prévu en tôle S235 de 3 mm, à raison de huit supports. Pour le perçage, la vitesse de coupe recommandée est de 20 m/min avec un foret HSS de 10 mm. Vitesses de broche disponibles : 500, 630, 800 et 1 000 tr/min.

Relevés et paramètres de l’intervention

Paramètre	Valeur	Unité ou précision
Température départ d’eau	80	°C
Température retour d’eau	60	°C
Débit nominal de la pompe	18	m³/h
Différence de pression de la pompe	2,4	bar
Rendement global de la pompe	0,62	sans unité
Nombre d’heures de fonctionnement	5 000	h/an
Prix de l’électricité	0,14	€/kWh
Nombre de supports à fabriquer	8	pièces
Tôle des supports	Acier S235, épaisseur 3	mm
Perçage	Foret HSS Ø 10 ; Vc = 20	mm ; m/min

Données de calcul et de préparation.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Tableau de diagnostic et de calculs — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Complétez les cases « ... » avec vos résultats, les unités et les justifications demandées. Vous pouvez joindre vos calculs sur la copie.

Diagnostic de l'installation

Écart ou risque constaté	Conséquence possible	Vérification ou action proposée
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

Calculs thermiques et estimation des besoins

Grandeur à déterminer	Résultat	Unité
Diamètre extérieur de l'isolant neuf	.....	m
Surface latérale à isoler	.....	m²
Surface avec marge de 10 %	.....	m²
Nombre de panneaux à commander	.....	panneaux
Résistance thermique de l'isolant neuf	.....	m²·K/W
Puissance perdue avec l'isolation existante	.....	kW
Puissance perdue avec l'isolation neuve	.....	kW
Économie annuelle d'énergie estimée	.....	kWh/an

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Nomenclature, feuille de débit et analyse des risques — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Complétez directement les tableaux. Pour chaque risque, indiquez une mesure de prévention collective ou organisationnelle et, si elle est nécessaire, un équipement de protection individuelle.

Nomenclature et feuille de débit

Repère	Désignation	Matière ou caractéristique	Quantité à prévoir	Observation
1	Isolant thermique	Épaisseur 40 mm, panneau 1,00 m × 0,50 m	.....	Panneaux entiers, marge incluse
2	Habillage métallique	Tôle adaptée à l'usage et aux conditions du site	.....	Surface avec marge de 10 %
3	Supports	Tôle acier S235, épaisseur 3 mm	.....	Débit selon plan de fabrication du site
4	Éléments de fixation	Compatibles avec l'habillage et l'environnement	.....	À valider avec le responsable maintenance

Analyse des risques et mesures de prévention

Situation dangereuse	Mesure collective ou organisationnelle	EPI adapté
Ouverture d'un circuit d'eau chaude	.....	.....
Intervention à proximité de la pompe alimentée	.....	.....
Découpe ou perçage de pièces métalliques	.....	.....
Encombrement et circulation dans la zone	.....	.....

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.