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

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MÉTIERS DE LA MESURE

ÉPREUVE E5.2 : PRÉPARATION, RÉALISATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DE RÉSULTATS DE MESURE

SESSION 2026

Durée : 4 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
MÉTIERS DE LA MESURE	4

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 : LABORATOIRE THERMOMESURE, ZONE INDUSTRIELLE DE MEYZIEU, RHÔNE

Le laboratoire ThermoMesure réalise des essais de caractérisation thermique de panneaux isolants pour des fabricants de matériaux du bâtiment. Vous êtes chargé de préparer et d'exploiter une série de mesures sur un panneau isolant soumis à un régime thermique stabilisé.

L'essai porte sur un panneau de dimensions nominales 600 mm × 600 mm × 80 mm. Le cahier des charges du client impose une résistance thermique expérimentale au moins égale à 2,15 m²·K/W. Le résultat doit être accompagné de son incertitude élargie, avec un facteur d'élargissement k = 2, et comparé à la valeur calculée à partir de la conductivité thermique certifiée du matériau.

Les documents techniques DT 1 à DT 3 fournissent le schéma du montage, les caractéristiques des instruments, les données de mesure et les consignes de sécurité. Les réponses sont à porter sur la copie et, pour les tableaux demandés, sur les documents réponses DR 1 et DR 2.

PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET CADRE DE L'ESSAI (4 points)

Définition du mesurande, des grandeurs utiles et des exigences

À partir du cahier des charges et des DT 1 à DT 3, vous préparez l'essai de caractérisation thermique. Le régime est déclaré stabilisé lorsque les températures des deux faces varient de moins de 0,05 °C pendant 10 min et que la puissance électrique varie de moins de 1 % sur la même durée.

1.1 (1,5 point) Identifier le mesurande recherché et les grandeurs mesurées directement nécessaires à son calcul. Préciser les unités de ces grandeurs.

1.2 (1,5 point) Établir, à partir du modèle fourni au DT 1, l'expression de la résistance thermique expérimentale du panneau. Indiquer les conditions de régime et de positionnement des capteurs nécessaires pour que ce modèle soit applicable.

1.3 (1 point) Indiquer l'exigence numérique du client et la règle de décision à appliquer pour conclure à la conformité. Distinguer la valeur mesurée de son incertitude élargie.

PARTIE 2 : ÉTUDE TECHNOLOGIQUE ET TRAITEMENT DES DONNÉES (6 points)

Dimensionnement, exploitation des caractéristiques et calculs métrologiques

Utiliser les caractéristiques des instruments et les données de l'essai présentées dans les documents techniques. Les calculs doivent être justifiés, accompagnés des unités et arrondis de manière cohérente avec les incertitudes.

2.1 (1 point) Calculer l'aire de la surface utile du panneau en m². Déterminer ensuite la longueur de câble à prévoir pour les deux capteurs, en appliquant la réserve de pose de 15 % à la longueur de cheminement indiquée au DT 1.

2.2 (1,5 point) À partir des mesures d'étalonnage du DT 2, calculer la moyenne des indications à 0 °C, 20 °C et 40 °C. Déterminer la pente et l'ordonnée à l'origine de la fonction d'étalonnage affine reliant l'indication moyenne à la température de référence, sous la forme $T_{ind} = aT_{ref} + b$.

2.3 (1 point) Calculer la résistance thermique théorique du panneau à partir de son épaisseur et de sa conductivité thermique certifiée, avec $R_{th} = e/\lambda$. Calculer également la valeur de conductance thermique correspondante $U = 1/R_{th}$.

2.4 (1,5 point) À partir des cinq écarts de température du DT 3, calculer la moyenne, l'écart-type expérimental de la série et l'incertitude-type de répétabilité sur la moyenne, avec $u_A = s/\sqrt{n}$. Présenter les résultats avec leurs unités.

2.5 (1 point) Calculer la quantité de bande isolante périphérique à approvisionner en appliquant la réserve de 10 % au périmètre du panneau. Pour un rouleau de 3,00 m vendu 4,80 € par mètre, calculer le coût d'un rouleau et indiquer si un rouleau suffit.

PARTIE 3 : PRÉPARATION, RÉALISATION ET INTERPRÉTATION (7 points)

Protocole opératoire, incertitude et conclusion sur la conformité

Pour l'exploitation finale, la puissance thermique transférée est assimilée à la puissance électrique mesurée. L'aire utile vaut 0,3600 m². La puissance stabilisée est de 3,240 W, avec une incertitude-type de 0,010 W. L'incertitude-type relative sur l'aire est de 0,0033. L'incertitude-type sur l'écart de température comprend la répétabilité calculée en question 2.4 et une contribution de résolution de 0,0058 °C. Les contributions sont indépendantes. Pour $R = A\Delta T/P$, utiliser $u_r(R) = \sqrt{u_r(A)^2 + u_r(\Delta T)^2 + u_r(P)^2}$, puis $u_c(R) = R u_r(R)$ et $U = 2u_c$.

Données stabilisées de l'essai

Grandeur	Valeur	Unité
Aire utile A	0,3600	m²
Écart moyen de température ΔT	20,00	°C
Puissance P	3,240	W
Incertitude-type sur P	0,010	W

Écart de température entre les faces et puissance thermique assimilée à la puissance électrique

3.1 (1,5 point) Rédiger un protocole opératoire ordonné permettant de réaliser l'essai : contrôle préalable du montage, positionnement des capteurs, acquisition, vérification de la stabilisation et enregistrement des données. Faire apparaître au moins quatre étapes distinctes.

3.2 (2 points) Compléter le DR 1 en calculant la résistance thermique expérimentale $R = A\Delta T/P$, les incertitudes-types relatives des grandeurs, l'incertitude-type composée et l'incertitude élargie pour $k = 2$. Utiliser les valeurs d'incertitude données dans l'introduction de la partie 3 et le résultat de la question 2.4.

3.3 (2 points) Comparer la résistance thermique expérimentale à la valeur théorique calculée en question 2.3. Calculer l'écart entre les deux valeurs. Conclure sur la compatibilité au regard de l'incertitude élargie expérimentale, en explicitant le critère de comparaison utilisé.

3.4 (1,5 point) Compléter le DR 2 et conclure sur la conformité au cahier des charges. La conformité est acquise si la borne inférieure de l'intervalle $[R - U ; R + U]$ est au moins égale à 2,15 m²·K/W. Indiquer une limite de l'interprétation liée au modèle ou au montage.

PARTIE 4 : PRÉVENTION ET SÉCURITÉ (3 points)

Repérage des risques et prévention pendant l'essai

Le banc comporte une plaque chauffante alimentée en 230 V, des surfaces pouvant atteindre 60 °C et des câbles de mesure disposés à proximité du poste de travail. Les règles de prévention applicables sont résumées au DT 3.

4.1 (1,5 point) Identifier trois risques distincts associés à la préparation ou à la réalisation de cet essai et associer à chacun une mesure de prévention adaptée.

4.2 (1,5 point) Préciser les vérifications à effectuer avant la mise sous tension et la conduite à tenir en cas de dégradation d'un câble, de dérive anormale de température ou de déclenchement de la protection électrique.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : MONTAGE D'ESSAI ET CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Le panneau est placé entre une plaque chauffante et une plaque froide. Les températures des deux faces sont mesurées par deux sondes Pt100 raccordées à une centrale d'acquisition. La puissance électrique stabilisée de la plaque chauffante est assimilée au flux thermique traversant le panneau. Le modèle utilisé est $R = A\Delta T / P$, où A est l'aire utile, ΔT l'écart de température entre les faces et P la puissance thermique transférée.

Dimensions nominales du panneau : 600 mm × 600 mm × 80 mm. Tolérance dimensionnelle : ±1 mm. Longueur de cheminement prévue pour les deux câbles de capteurs : 4,20 m au total. Réserve de pose des câbles : 15 %. La bande isolante périphérique est posée sur le périmètre du panneau avec une réserve de coupe de 10 %.

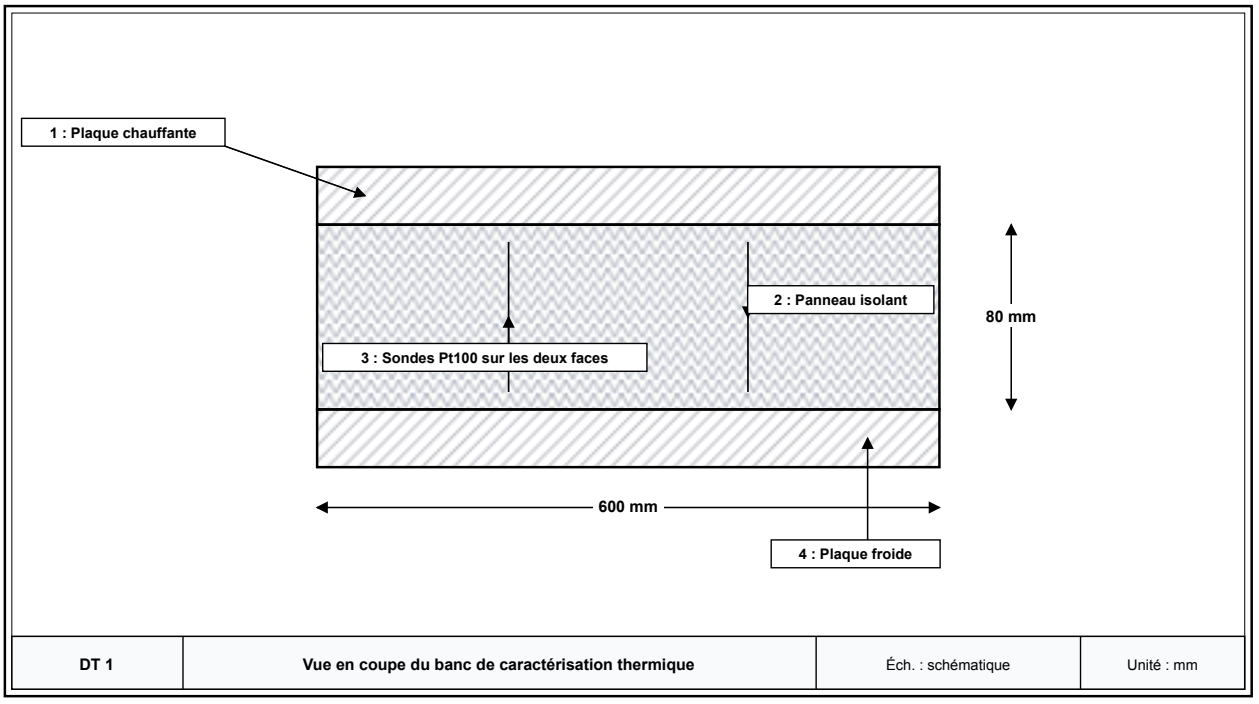


Schéma fonctionnel coté, dimensions du panneau en millimètres, représentation non à l'échelle

Caractéristiques de l'échantillon et consommables

Donnée	Valeur	Unité
Longueur du panneau	600	mm
Largeur du panneau	600	mm
Épaisseur du panneau	80	mm
Conductivité thermique certifiée λ	0,0360	W/(m·K)
Longueur totale de cheminement des câbles	4,20	m
Réserve de pose des câbles	15	%
Prix de la bande isolante	4,80	€/m
Longueur d'un rouleau	3,00	m

Valeurs nominales retenues pour l'étude

DT 2 : ÉTALONNAGE DES SONDES ET CARACTÉRISTIQUES DES INSTRUMENTS

Les trois points d'étalonnage ont été obtenus avec un thermomètre de référence dont l'incertitude élargie est de 0,04 °C, avec $k = 2$. Pour la question 2.2, ajuster une droite reliant la température de référence à l'indication moyenne. La centrale affiche au centième de degré. Les résultats de l'essai ont été relevés après stabilisation.

Références techniques mises à disposition : le GUM JCGM 100 décrit les principes d'évaluation et de combinaison des incertitudes ; le VIM JCGM 200 définit le vocabulaire métrologique ; la NF EN ISO/IEC 17025 constitue une référence pour la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais. Ces références servent ici de cadre documentaire et ne remplacent pas les consignes particulières du sujet.

Relevés d'étalonnage des sondes

Température de référence (°C)	Indication 1 (°C)	Indication 2 (°C)	Indication 3 (°C)
0,00	-0,12	-0,10	-0,11
20,00	19,88	19,90	19,89
40,00	39,86	39,88	39,87

Indications en °C pour trois températures de référence

Caractéristiques métrologiques des moyens de mesure

Moyen	Caractéristique	Valeur
Centrale d'acquisition	Résolution d'affichage	0,01 °C
Sonde Pt100	Domaine d'utilisation	-10 °C à 100 °C
Wattmètre	Incertitude-type sur la puissance stabilisée	0,010 W
Thermomètre de référence	Incertitude élargie	0,04 °C, k = 2

Données à utiliser pour l'exploitation

DT 3 : RÉSULTATS DE MESURE, MÉTHODE DE CALCUL ET PRÉVENTION

Les cinq écarts de température relevés après stabilisation sont consignés ci-dessous. L'incertitude-type relative sur l'aire utile est fournie pour tenir compte des dimensions et de leur tolérance : $u_r(A) = 0,0033$. La contribution de résolution sur l'écart de température est $u_{res}(\Delta T) = 0,0058$ °C. Les contributions sont considérées indépendantes.

Pour le calcul de l'incertitude-type composée : $u_r(R) = \sqrt{u_r(A)^2 + u_r(\Delta T)^2 + u_r(P)^2}$, avec $u_r(\Delta T) = u(\Delta T)/\Delta T$ et $u_r(P) = u(P)/P$. Puis $u_c(R) = R u_r(R)$ et $U = 2u_c(R)$.

Prévention : la plaque chauffante et les pièces adjacentes peuvent atteindre 60 °C ; le banc est alimenté en 230 V. Avant toute mise sous tension, vérifier l'état des câbles, la continuité des conducteurs de protection, la présence des protections électriques prévues et l'absence de liquide sur le poste. Maintenir les câbles hors des zones de passage. Ne pas toucher les surfaces chaudes sans protection adaptée. En cas de défaut électrique, de câble endommagé ou de dérive anormale, arrêter l'essai, mettre le banc hors tension selon la procédure du laboratoire et prévenir le responsable.

Série des écarts de température stabilisés

Répétition	ΔT (°C)
1	19,96
2	20,01
3	20,03
4	20,02
5	19,98

Cinq répétitions indépendantes, exprimées en degrés Celsius

Références de sécurité et données de l’essai

Élément	Donnée ou consigne
Alimentation du banc	230 V
Température maximale des surfaces accessibles	60 °C
Régime stabilisé	Variation des températures < 0,05 °C pendant 10 min
Stabilité de la puissance	Variation < 1 % pendant 10 min
Câble endommagé ou défaut électrique	Arrêt de l’essai, mise hors tension selon la procédure et information du responsable

Consignes applicables au poste de caractérisation

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Tableau de calcul de la résistance thermique expérimentale **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases indiquées par « ... ». Reporter les unités et conserver une précision cohérente avec les données. Ce document est à rendre avec la copie.

Calcul du résultat et de son incertitude

Grandeur calculée	Expression ou donnée	Résultat	Unité
Résistance thermique expérimentale R	$A\Delta T/P$	.....	$m^2 \cdot K/W$
Incertitude-type sur ΔT	Combinaison de uA et ures	.....	°C
Incertitude-type relative sur ΔT	$u(\Delta T)/\Delta T$	.....	sans unité
Incertitude-type relative sur P	u(P)/P	.....	sans unité
Incertitude-type relative composée sur R	Racine de la somme des carrés des contributions relatives	.....	sans unité
Incertitude-type composée uc(R)	$R \times ur(R)$	.....	$m^2 \cdot K/W$
Incertitude élargie U	$2 \times uc(R)$	.....	$m^2 \cdot K/W$

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Tableau de diagnostic et conclusion de conformité — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases indiquées par « ... ». Indiquer les calculs utiles et rédiger une conclusion argumentée à partir de la règle de décision donnée dans l'énoncé. Ce document est à rendre avec la copie.

Comparaison des résultats et décision

Critère	Valeur calculée ou règle	Conclusion
Résistance thermique théorique	e/λ	.....
Résistance thermique expérimentale	Résultat obtenu au DR 1	.....
Écart entre les valeurs	|Rexp - Rth|	.....
Compatibilité au regard de l'incertitude élargie	Comparer l'écart à U	.....
Borne inférieure de l'intervalle expérimental	Rexp - U	.....
Exigence du client	Borne inférieure au moins égale à 2,15 m²·K/W	.....
Conclusion de conformité	Conforme ou non conforme, avec justification	.....

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.