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

BUT MP : COMPÉTENCE C3

Session 2026 • Code sujet : **26-BUT-MP-C3** • Durée : **2 h 30** • Coefficient : **3,0 (indicatif)**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Analyse fonctionnelle et exigences de mesure (3 questions) **Page 3**

2. Étude technologique et dimensionnement de la chaîne (4 questions) **Page 6**

3. Préparation du protocole opératoire et réception (3 questions) **Page 9**

4. Prévention et sécurité lors des opérations (2 questions) **Page 11**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://butmp.fr/assets/annales/but-mp/C3 - Mettre en œuvre une chaîne de mesure et d'instrumentation/2026/BUT Mesures Physiques - C3 - Mettre en œuvre une chaîne de mesure et d'instrumentation - Session 2026 - 1-Sujet.pdf

1. Analyse fonctionnelle et exigences de mesure

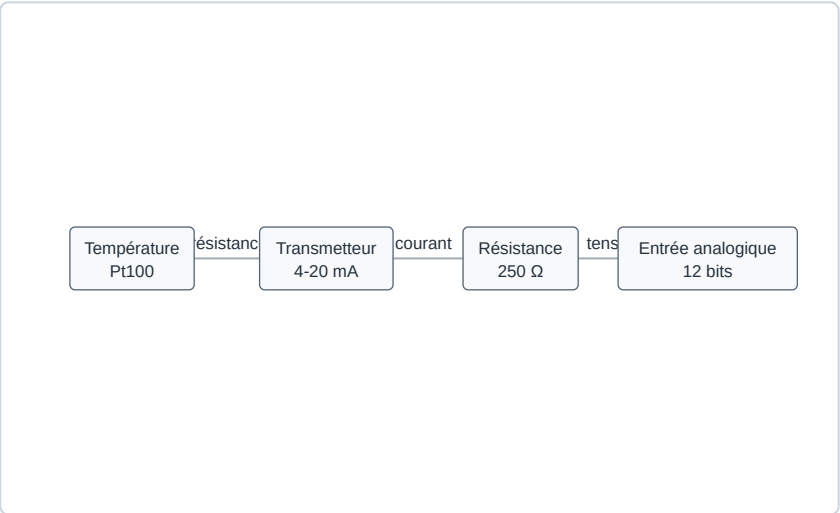
L'atelier ThermoProcess met en service une chaîne de mesure de température pour surveiller l'air d'un séchoir industriel, sur une plage de 0 °C à 150 °C et avec une exigence d'erreur totale de ±0,8 °C. Cette partie porte sur l'architecture de la chaîne, le modèle de la Pt100 et les vérifications préalables à la mise en service.

Question 1.1. Énumérer dans l'ordre les quatre fonctions principales de la chaîne, de la température de l'air à la valeur numérique disponible dans l'ordinateur, et préciser pour chacune le composant ou le sous-ensemble qui la réalise.

La chaîne transforme progressivement la grandeur thermique en donnée exploitable par l'ordinateur. Les quatre fonctions et leurs composants, dans l'ordre, sont :

1. **Mesurer :** la Pt100 convertit la température en résistance.
2. **Transmettre :** le transmetteur transforme cette résistance en courant 4-20 mA.
3. **Convertir :** la résistance de 250 Ω transforme le courant en tension.
4. **Numériser :** le convertisseur analogique-numérique de l'entrée d'automate produit le code numérique transmis à l'ordinateur.

Étapes de la chaîne de mesure



Ordre des sous-ensembles, de la température à la valeur numérique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pt100 → transmetteur 4-20 mA → résistance de conversion 250 Ω → entrée analogique 12 bits de l'automate.

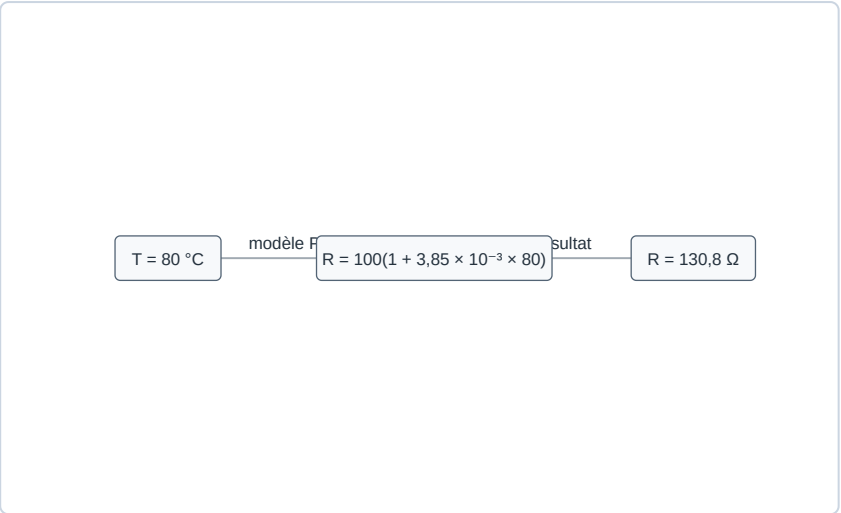
Question 1.2. À l'aide du modèle linéaire fourni pour la Pt100, calculer sa résistance nominale à 80 °C et donner le résultat en ohms à 0,1 Ω près.

Le modèle linéaire fourni s'applique à 80 °C, valeur située dans sa plage d'utilisation de 0 °C à 100 °C. En remplaçant les paramètres de la Pt100 dans la relation :

$R(80) = R_0(1 + \alpha T) = 100{,}00 \times (1 + 3{,}85 \times 10^{-3} \times 80) = 130{,}8\ \Omega.$

À la précision demandée de 0,1 Ω, la résistance nominale est donc de 130,8 Ω.

Calcul de la résistance nominale à 80 °C



Substitution des données du sujet dans le modèle linéaire.

✓ RÉPONSE À RETENIR

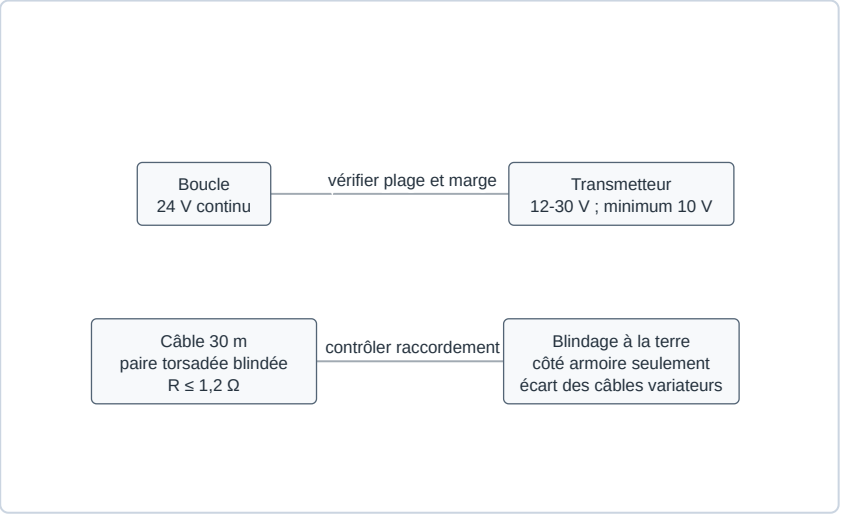
$R(80\ ^\circ\mathrm{C}) = 130{,}8\ \Omega$.

Question 1.3. À partir des exigences et des références mentionnées dans le DT 2, citer deux vérifications à effectuer avant la mise en service et associer chacune à un critère chiffré ou à une règle de sécurité applicable à cette installation.

Avant la mise en service, vérifier les points suivants :

- **Alimentation :** contrôler que la boucle fournit 24 V continu, dans la plage admissible de 12 à 30 V. À 20 mA, la résistance de 250 Ω provoque une chute de 5 V et le câble, de résistance aller-retour ≤ 1,2 Ω, une chute ≤ 0,024 V. La tension restante, 18,976 V, dépasse le minimum de conformité de 10 V.
- **Câblage :** vérifier l'emploi d'une paire torsadée blindée, la mise à la terre du blindage en un seul point côté armoire et l'éloignement des conducteurs des câbles de puissance des variateurs.

Vérifications préalables à la mise en service



Contrôles électriques et de câblage issus du DT 2.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Alimentation conforme : 24 V dans la plage 12-30 V et marge supérieure au minimum de 10 V. Vérifier le câble torsadé blindé, la terre du blindage côté armoire seulement et l’éloignement des câbles des variateurs.

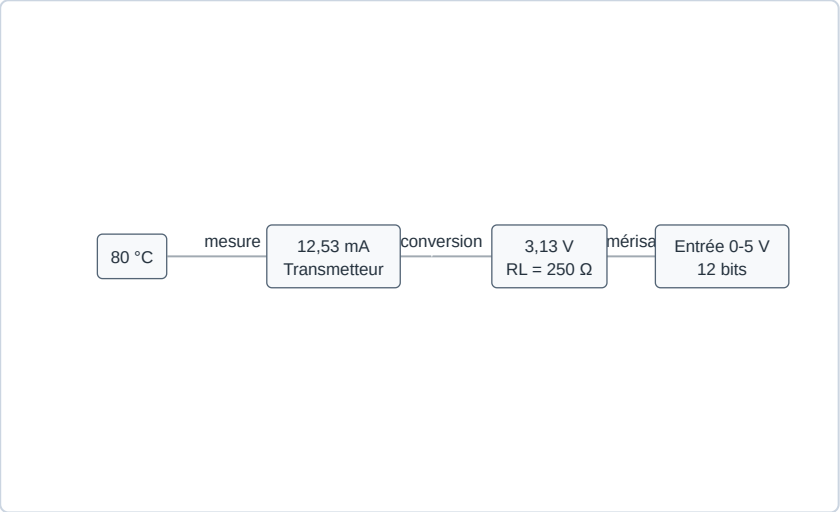
2. Étude technologique et dimensionnement de la chaîne

La chaîne associe un transmetteur Pt100 configuré en 4-20 mA, une résistance de conversion de 250 Ω et une entrée analogique de 0-5 V à 12 bits. Les questions évaluent le conditionnement, la quantification, le cumul des erreurs métrologiques ainsi que l'adéquation de l'échantillonnage et du filtre.

Question 2.1. À 80 °C, calculer le courant de sortie du transmetteur à l'aide de la relation fournie, puis la tension aux bornes de la résistance de 250 Ω. Vérifier que cette tension appartient à la plage d'entrée du convertisseur.

À 80 °C, le courant vaut I = 4 + 16 × 80/150 = 12,53 mA. La résistance de conversion produit U = RI = 250 × 0,01253 = 3,13 V. Cette tension se situe dans la plage d'entrée 0-5 V : le convertisseur ne subit aucun dépassement. Le schéma résume la conversion du signal au point nominal, du transmetteur Pt100 jusqu'à l'entrée analogique.

Conversion à 80 °C



Valeurs calculées au point de fonctionnement de 80 °C.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 80 °C : I = 12,53 mA et U = 3,13 V. La tension est conforme à la plage d'entrée 0-5 V.

Question 2.2. Calculer le pas de quantification en volts du convertisseur 12 bits sur 0-5 V en utilisant q = 5/4096. En déduire l'incrément de température correspondant à un pas, sachant que 150 °C correspondent à une étendue de 4 V après conversion courant-tension. Donner les deux résultats à trois chiffres significatifs.

Le convertisseur répartit sa pleine échelle de 5 V sur 4096 niveaux. Le pas de tension est donc q = 5/4096. Pour exprimer ce pas en température, on applique la correspondance fournie : 150 °C pour une étendue utile de 4 V. Le pas de température vaut ainsi q × 150/4. Les résultats sont arrondis à trois chiffres significatifs.

Grandeur	Calcul	Résultat
Pas en tension	5/4096	$1{,}22 \times 10^{-3}$ V
Pas en température	(5/4096) × 150/4	0,0458 °C

Pas de quantification calculés

Grandeur	Valeur
Tension	$1{,}22 \times 10^{-3}$ V
Température	0,0458 °C/pas

Résultats à trois chiffres significatifs.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pas de quantification : $1{,}22 \times 10^{-3}$ V, soit 0,0458 °C par pas pour l'étendue utile de 150 °C.

Question 2.3. À 80 °C, estimer l'erreur maximale de la chaîne en additionnant les erreurs maximales absolues de la sonde, du transmetteur et le demi-pas de quantification exprimé en °C. Comparer cette estimation à l'exigence de ±0,8 °C et conclure sur la conformité selon le cumul au pire cas.

À 80 °C, l'erreur maximale de la sonde vaut 0,15 + 0,002 × 80 = 0,31 °C. Celle du transmetteur est 0,10 % × 150 = 0,15 °C. Le demi-pas de quantification vaut 0,0229 °C. Le cumul au pire cas additionne ces erreurs maximales absolues :

- Sonde : 0,31 °C.
- Transmetteur : 0,15 °C.
- Quantification : 0,0229 °C.
- Total : 0,483 °C, inférieur à la limite de 0,8 °C.

La chaîne respecte donc l'exigence selon cette méthode de cumul.

Cumul des erreurs maximales à 80 °C

Source d'erreur	Valeur (°C)
Sonde	0,31
Transmetteur	0,15
Demi-pas de quantification	0,0229
Total	0,483
Exigence	0,8

Somme des erreurs maximales absolues.

✓ RÉPONSE À RETENIR

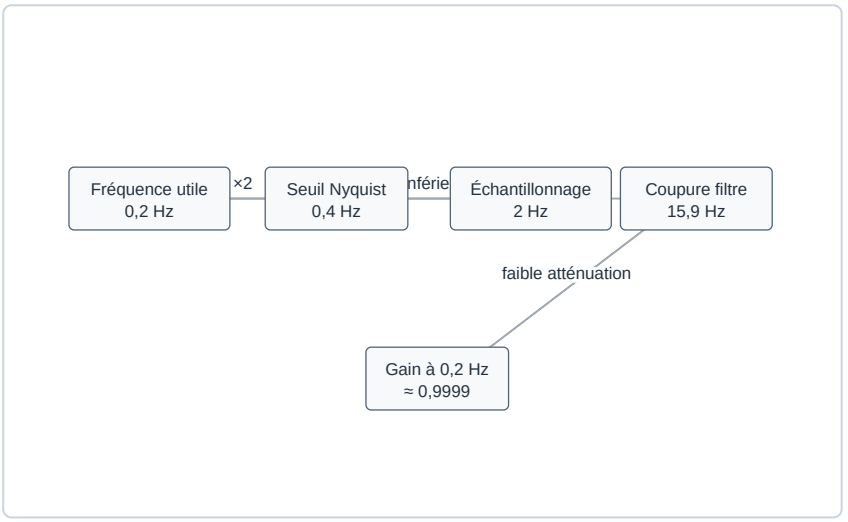
Erreur maximale estimée : ±0,483 °C. La chaîne respecte l'exigence de ±0,8 °C selon le cumul au pire cas.

Question 2.4. Vérifier la condition de Nyquist-Shannon pour une fréquence maximale utile de 0,2 Hz et un échantillonnage à 2 Hz. Indiquer si le filtre analogique de fréquence de coupure 15,9 Hz atténue fortement la composante à 0,2 Hz, en justifiant brièvement.

La condition de Nyquist-Shannon impose une fréquence d'échantillonnage au moins égale à deux fois la fréquence maximale utile : 2 × 0,2 = 0,4 Hz. L'échantillonnage configuré à 2 Hz respecte donc cette condition. Pour le filtre passe-bas du premier ordre, 0,2 Hz est très inférieur à la fréquence de coupure de 15,9 Hz ; son gain reste proche de 1.

- Seuil de Nyquist : 0,4 Hz.
- Échantillonnage : 2 Hz.
- Gain à 0,2 Hz : environ 0,9999, donc atténuation négligeable.

Vérification de l'échantillonnage et du filtre



Comparaison des fréquences utiles, d'échantillonnage et de coupure.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Nyquist est respecté : 2 Hz ≥ 0,4 Hz. Le filtre à 15,9 Hz atténue très peu la composante utile à 0,2 Hz.

3. Préparation du protocole opératoire et réception

Le transmetteur doit être vérifié sur trois points à l'aide d'un simulateur de Pt100 étalonné et d'un multimètre, avec un critère de réception de ±0,15 °C par point. Cette partie demande d'exploiter les relevés, de décrire un protocole de réception et de justifier le choix et le raccordement de la boucle 4-20 mA sur une liaison de 30 m exposée aux perturbations des variateurs.

Question 3.1. Compléter le DR 1 pour les trois points en calculant la température correspondant à chaque courant mesuré, puis l'écart signé ΔT = T calculée − T simulée. Présenter températures et écarts au centième de degré et décider de la conformité de chaque point au critère de ±0,15 °C.

On calcule la température par T = 150 × (I − 4) / 16, puis l'écart signé ΔT = T calculée − T simulée. Les résultats sont arrondis au centième ; le point est conforme si |ΔT| ≤ 0,15 °C.

Température simulée (°C)	Courant mesuré (mA)	Température calculée (°C)	Écart signé (°C)	Décision
20	6,14	20,06	+0,06	Conforme
80	12,53	79,97	−0,03	Conforme
140	18,92	139,88	−0,13	Conforme

Les trois points respectent le critère de réception.

DR 1 complété

Résultats du contrôle sur trois points

Température simulée (°C)	Courant mesuré (mA)	Température calculée (°C)	Écart signé ΔT (°C)	Décision selon ±0,15 °C
20	6,14	20,06	+0,06	Conforme
80	12,53	79,97	−0,03	Conforme
140	18,92	139,88	−0,13	Conforme

Tableau à compléter par le candidat.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

20 °C : 20,06 °C, ΔT = +0,06 °C. 80 °C : 79,97 °C, ΔT = −0,03 °C. 140 °C : 139,88 °C, ΔT = −0,13 °C. Les trois points sont conformes.

Question 3.2. Rédiger en cinq étapes au maximum un protocole opératoire de réception, depuis la mise en sécurité de l'installation jusqu'à la consignation du résultat. Inclure le contrôle du câblage, la vérification des trois points, la cohérence du signal à l'entrée analogique et la conduite à tenir en cas de point hors tolérance.

1. Arrêter l'installation, identifier et isoler les sources d'énergie, condamner les organes de séparation, puis vérifier l'absence de tension avec un appareil contrôlé avant et après vérification.

2. Hors tension, contrôler le schéma, le câblage, l’état des cordons et le calibre des appareils ; raccorder le simulateur selon la procédure.
3. Effectuer les essais à 20 °C, 80 °C et 140 °C, relever les courants et vérifier chaque écart par rapport au seuil de ±0,15 °C.
4. Dans une configuration sécurisée, vérifier la cohérence du signal reçu par l’entrée analogique avec le courant et la plage attendus, sans raccordement sous tension.
5. En cas d’écart, ne pas régler arbitrairement : vérifier le simulateur, le câblage, l’étendue et l’acquisition, consigner l’anomalie et solliciter la maintenance. Sinon, retirer les outils, remettre les protections et consigner les résultats.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Cinq étapes : mise en sécurité, contrôle hors tension, essais aux trois points, vérification de l’acquisition en configuration sécurisée, puis décision et consignation.

Question 3.3. Pour la liaison de 30 m traversant une zone équipée de variateurs, justifier le maintien de la transmission 4-20 mA plutôt qu’une transmission directe 0-5 V. Donner deux précautions de câblage ou de raccordement conformes aux données du DT 2.

Sur 30 m en zone perturbée, la boucle 4-20 mA est moins sensible aux perturbations et aux chutes de tension de liaison qu’une transmission directe 0-5 V. Le DT 2 confirme que la résistance du câble et la chute sur la résistance de conversion restent compatibles avec l’alimentation et la tension de conformité du transmetteur.

- Utiliser une paire torsadée blindée et relier le blindage à la terre en un seul point, côté armoire.
- Éloigner les conducteurs de mesure des câbles de puissance des variateurs ; raccorder le retour analogique à la référence de l’entrée sans créer de boucle de masse.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Conserver la boucle 4-20 mA. Paire torsadée blindée, blindage relié à la terre côté armoire uniquement, conducteurs éloignés des câbles des variateurs et retour raccordé sans boucle de masse.

4. Prévention et sécurité lors des opérations

L'intervention comprend l'ouverture de l'armoire, le raccordement d'un appareil de contrôle et la vérification d'une sonde installée sur un séchoir potentiellement chaud. Les réponses s'appuient sur l'analyse des risques et les consignes de consignation, de vérification électrique, de prévention des brûlures et de remise en service.

Question 4.1. Compléter la colonne « Mesure de prévention attendue » du tableau de la partie 4, en indiquant pour chacune des trois situations une mesure concrète de prévention ou de protection compatible avec le DT 3.

Situation	Mesure de prévention
Ouverture de l'armoire	Arrêter, isoler et condamner les sources d'énergie, puis vérifier l'absence de tension.
Contrôle de la sonde	Attendre son refroidissement ou utiliser une protection adaptée avant tout contact.
Raccordement d'un appareil	Vérifier l'état des cordons et le calibre, respecter le schéma et éviter tout court-circuit.

Avant toute ouverture, l'installation doit être hors tension. L'appareil de vérification d'absence de tension doit être adapté et son fonctionnement contrôlé avant et après le contrôle. Aucun travail sous tension n'est nécessaire. Pour les mesures, utiliser un appareil et des cordons en bon état, vérifier le calibre et respecter le schéma. Attendre le refroidissement de la sonde ou employer une protection adaptée afin d'éviter les brûlures.

Mesures de prévention complétées

Situation	Risque principal	Mesure de prévention attendue
Ouverture de l'armoire	Contact avec une partie électrique	Isoler, condamner, vérifier l'absence de tension
Contrôle du capteur sur le séchoir	Contact avec une surface chaude	Attendre le refroidissement ou se protéger
Raccordement d'un appareil de mesure	Court-circuit ou erreur de câblage	Vérifier calibre et schéma, éviter les courts-circuits

Tableau à compléter par le candidat

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Armoire : isoler, condamner et vérifier l'absence de tension. Sonde : attendre son refroidissement ou se protéger. Mesure : appareil et cordons en bon état, calibre vérifié, câblage conforme.

Question 4.2. Indiquer les opérations à effectuer avant toute intervention dans l'armoire et préciser deux vérifications à réaliser avant la remise en service. Justifier pourquoi la température de la sonde doit être vérifiée avant de la saisir ou de la déposer.

1. Identifier les sources d'énergie et arrêter l'installation.
2. Séparer les sources concernées et condamner les organes de séparation.
3. Vérifier l'absence de tension avec un appareil adapté, dont le fonctionnement est contrôlé avant et après la vérification.
4. Avant la remise en service, contrôler les raccordements et s'assurer que les outils ont été retirés.

5. Remettre les protections en place.

La sonde ou le séchoir peut rester chaud : vérifier la température avant de saisir ou déposer la sonde permet d’éviter une brûlure. Attendre son refroidissement ou utiliser une protection adaptée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Avant intervention : arrêt, isolement, condamnation et vérification d’absence de tension. Avant remise en service : contrôler les raccordements, retirer les outils et remettre les protections. Vérifier le refroidissement de la sonde pour prévenir les brûlures.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2026)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de compétence C3 du BUT Mesures physiques, session 2026, code 26-BUT-MP-C3, d'une durée de 2 h 30 et de coefficient indicatif 3,0. Le sujet étudie la chaîne Pt100 d'un séchoir ThermoProcess, de la mesure à l'acquisition numérique. Il évalue le dimensionnement et les performances métrologiques, la réception du transmetteur, le câblage et la prévention des risques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une Pt100 dans la plage considérée, $R(T) = R0(1 + \alpha T)$, avec $R0 = 100{,}00\ \Omega$ et $\alpha = 3{,}85 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$.
- La sortie linéaire du transmetteur est $I(T) = 4\ mA + 16\ mA \times T/150\ °C$; avec 250 Ω, la conversion courant-tension suit $U = RI$.
- Pour un convertisseur 12 bits à 4096 niveaux sur 0-5 V, le pas idéal vaut $q = 5/4096$ V ; le demi-pas se convertit en température avec 150 °C/4 V.
- Au pire cas, additionner les valeurs absolues des erreurs de sonde, de transmetteur et de quantification, puis comparer le total à la limite de ±0,8 °C.

Points de vigilance & attentes du jury

- Conserver les unités dans les calculs et appliquer la relation de conversion courant-température avec I exprimé en mA.
- Pour le contrôle à trois points, calculer l'écart signé $\Delta T = T$ calculée − T simulée et juger chaque valeur selon ±0,15 °C.
- Ne pas confondre la pleine échelle du convertisseur de 5 V avec l'étendue utile de 4 V correspondant à 150 °C.
- Avant intervention, isoler et condamner les énergies, vérifier l'absence de tension, prévenir les brûlures et contrôler les raccordements avant remise en service.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment convertir un courant mesuré en température pour le contrôle du transmetteur ?

Utilisez $T = 150(I - 4)/16$, avec I en mA. Comparez ensuite la température calculée à la température simulée en appliquant $\Delta T = T$ calculée − T simulée. Présentez les résultats au centième de degré et vérifiez chaque écart à ±0,15 °C.

Q : Pourquoi convertir le pas de tension en température avec une étendue de 4 V ?

La chaîne convertit 4 mA en 1 V et 20 mA en 5 V avec la résistance de 250 Ω. L'étendue utile est donc de 4 V pour 150 °C, même si le convertisseur analogique accepte une plage totale de 0 à 5 V.

Q : Comment organiser les 2 h 30 de l'épreuve et tenir compte du barème ?

Le sujet répartit 20 points entre quatre parties : 4, 7, 6 et 3 points. Consacrez davantage de temps au dimensionnement et à la réception, tout en réservant un temps de relecture pour vérifier unités, signes des écarts et complétude des documents réponses.

Q : Quelles règles et quels critères faut-il faire apparaître pour répondre aux attentes du jury ?

Appuyez les réponses sur les données du sujet : erreur de chaîne au plus ±0,8 °C, réception du transmetteur à ±0,15 °C par point, et exigences de raccordement du DT 2. Pour la sécurité, décrivez la consignation et la vérification d'absence de tension.

Sujet officiel associé (PDF) : https://butmp.fr/assets/annales/but-mp/C3 - Mettre en œuvre une chaîne de mesure et d'instrumentation/2026/BUT Mesures Physiques - C3 - Mettre en œuvre une chaîne de mesure et d'instrumentation - Session 2026 - 1-Sujet.pdf

Ressources BUT Mesures Physiques : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

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.