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 : U5.1 CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE MESURE

SESSION 2026

Durée : 2 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
MÉTIERS DE LA MESURE	5

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.

Documents techniques et documents réponses fournis avec le sujet. Calculatrice autorisée selon la consigne ci-dessus. Aucun autre document n'est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : AÉRALAB MESURES, LABORATOIRE DE CONTRÔLE DES INSTALLATIONS AÉRAULIQUES, LYON (RHÔNE)

Cadre de l'évaluation : U5.1 est évaluée en contrôle en cours de formation en deux situations. Le présent dossier constitue un support de situation portant sur la conception et la mise en œuvre d'un système de mesure. La durée et les modalités pratiques de la situation sont arrêtées par l'établissement dans le cadre de son organisation du CCF ; la durée indiquée dans ce dossier est celle retenue pour cette situation.

AéraLab Mesures doit instrumenter un conduit de ventilation afin de vérifier un débit nominal d'air de 0,120 m³/s. Le système devra mesurer la pression différentielle d'un tube de Pitot et la température de l'air, convertir les signaux, enregistrer les résultats et permettre une décision d'acceptation. Le point de fonctionnement attendu est compris entre 0,110 m³/s et 0,130 m³/s. La température de l'air est comprise entre 10 °C et 35 °C.

Le candidat justifie l'architecture retenue, réalise les calculs de choix et de performance demandés, propose un protocole de mise en œuvre et identifie les mesures de prévention adaptées. Les exigences chiffrées propres au besoin sont données dans le dossier technique ; les références normatives citées servent de cadre de travail et ne remplacent pas la lecture des textes applicables.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et exigences applicables (4 points)

Traduction du besoin en exigences de mesure et repérage des références applicables

À partir du cahier des charges et des documents DT 1 à DT 3, analyser le besoin de mesure avant de retenir les équipements. Les exigences du projet sont celles fournies dans les documents ; aucune valeur normative non fournie n'est à supposer.

Exigences du système à instrumenter

Grandeur ou fonction	Exigence du projet	Conséquence pour la conception
Débit volumique	Nominal : 0,120 m³/s ; plage d'acceptation : 0,110 à 0,130 m³/s	.....
Pression différentielle	Plage de mesure : 0 à 250 Pa	.....
Température d'air	Plage de mesure : 10 à 35 °C	.....
Enregistrement	Au moins une valeur par seconde ; fichier horodaté avec unités	.....

Extrait du cahier des charges AéraLab Mesures.

1.1 (1,5 point) Établir la chaîne fonctionnelle de mesure, depuis le prélèvement de la pression différentielle jusqu'à l'affichage du débit. Faire apparaître au minimum le capteur, le conditionnement, l'acquisition et le traitement.

1.2 (1 point) Relever trois exigences du cahier des charges et préciser, pour chacune, une conséquence concrète sur le choix ou la mise en œuvre du système.

1.3 (1,5 point) À partir du DT 3, citer deux références ou obligations pertinentes pour l'organisation des mesures et deux mesures de prévention à appliquer. Distinguer clairement une référence normative d'une consigne propre au projet.

PARTIE 2 : Étude technologique, choix des capteurs et calculs (6 points)

Dimensionnement de la chaîne d'acquisition et estimation du coût

Le DT 2 fournit les caractéristiques des capteurs, de l'entrée analogique et des éléments de la chaîne. Pour le calcul du débit, utiliser la relation de projet donnée dans le DT 1 : $q_v = K\sqrt{\Delta p}$. Les valeurs doivent être accompagnées de leurs unités et d'un arrondi cohérent.

Comparaison des capteurs de pression différentielle

Référence	Étendue	Sortie	Exactitude annoncée	Prix unitaire HT
DP-250	0 à 250 Pa	4 à 20 mA	±(0,5 % de la lecture + 0,2 Pa)	180 €
DP-1000	0 à 1 000 Pa	0 à 10 V	±1,0 % de l'étendue	145 €

Caractéristiques déclarées par les fournisseurs pour le projet.

2.1 (2 points) Choisir le capteur de pression différentielle le plus adapté à l'étendue requise. Justifier le choix par la plage, la sortie électrique, l'exactitude au point $\Delta p = 100\,\mathrm{Pa}$ et la compatibilité avec l'acquisition décrite dans le DT 2.

2.2 (2,5 points) Pour une pression différentielle mesurée de $100\,\mathrm{Pa}$, calculer le débit volumique avec $K = 0,0120\,\mathrm{m^3\,s^{-1}\,Pa^{-1/2}}$. Déterminer ensuite le pas de quantification en pression de l'entrée analogique du DT 2, en tenant compte de la résistance de conversion du courant. Présenter les étapes de calcul.

2.3 (1,5 point) À partir du DT 2, calculer le coût total HT des éléments nécessaires à une chaîne comportant un capteur de pression DP-250, un capteur de température, une carte d'acquisition et un afficheur. Le coût de câblage et de montage est forfaitairement de 35 € HT. Présenter la somme détaillée.

PARTIE 3 : Préparation de la mise en œuvre et protocole opératoire (6 points)

Installation, acquisition, traitement et décision de conformité

Le système est installé sur le conduit représenté au DT 1. La relation de débit est établie pour le montage décrit dans ce dossier. Le protocole doit rendre les mesures reproductibles et assurer la traçabilité des résultats.

Données de répétabilité et d'exactitude au point de fonctionnement

Source	Donnée au point étudié	Loi de probabilité retenue
Exactitude du DP-250 à 100 Pa	Limite ±0,7 Pa	Rectangulaire
Répétabilité de la mesure de pression	Écart-type 0,50 Pa	Normale
Facteur d'élargissement	k = 2	À appliquer à l'incertitude-type composée
Critère de réception en débit	0,120 ± 0,003 m³/s	Résultat élargi

Valeurs fournies pour le calcul d'incertitude de la situation.

3.1 (2,5 points) Rédiger un protocole opératoire ordonné comprenant la vérification préalable des équipements, le raccordement des prises de pression, le positionnement des capteurs, le paramétrage de l'acquisition, la stabilisation, le relevé des données et l'enregistrement des résultats. Préciser au moins deux contrôles destinés à éviter une erreur de mesure.

3.2 (2 points) Calculer l'incertitude-type liée à la limite d'exactitude en utilisant $u_{\text{exact}} = 0,7/\sqrt{3}$. Calculer l'incertitude-type composée sur la pression par $u_c(\Delta p) = \sqrt{u_{\text{exact}}^2 + u_{\text{rep}}^2}$, puis l'incertitude élargie relative sur le débit. Utiliser la propagation $u(q_v)/q_v = \frac{1}{2}u_c(\Delta p)/\Delta p$, avec $\Delta p = 100\,\text{Pa}$, $q_v = 0,120\,\text{m}^3/\text{s}$ et $k = 2$.

3.3 (1,5 point) Compléter le DR 1 avec les équipements retenus, leurs plages utiles et les contrôles préalables. À partir de votre résultat en débit et de l'incertitude élargie calculée, conclure sur la conformité au critère de réception du DT 3. Présenter la conclusion sous la forme $q_v \pm U(q_v)$.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité lors de l'intervention (4 points)

Identification des risques et organisation d'une intervention sûre

La mise en place des prises de pression et des capteurs est réalisée sur une installation de ventilation en fonctionnement intermittent. Appliquer les consignes du site et les principes généraux de prévention du Code du travail. Les risques et données utiles figurent au DT 3.

4.1 (2 points) Compléter le DR 2 en associant à chaque situation dangereuse le risque principal, une mesure de prévention et un moyen de vérification de l'efficacité de cette mesure.

4.2 (1 point) Décrire la procédure à appliquer avant toute intervention à proximité des parties mobiles du ventilateur. Préciser comment confirmer l'absence de mouvement et empêcher une remise en marche intempestive.

4.3 (1 point) Indiquer les informations minimales à inscrire dans le compte rendu pour assurer la traçabilité de la mesure et permettre sa réutilisation par un autre opérateur.

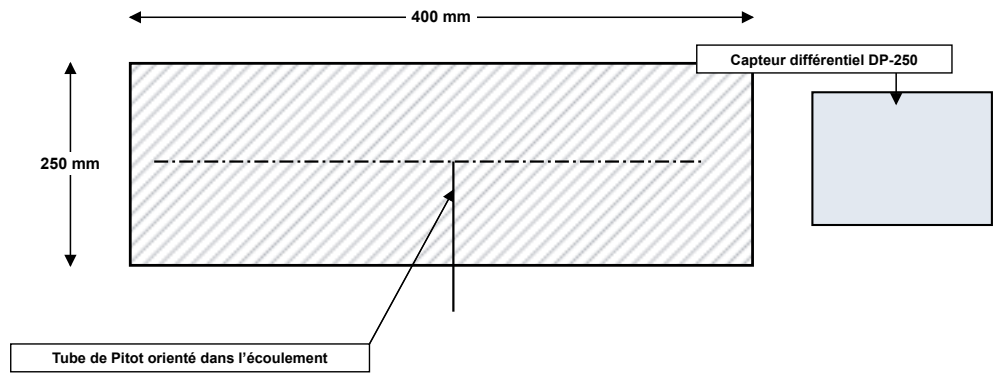
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DU CONDUIT ET DONNÉES DE CALCUL DU DÉBIT

Le conduit rectangulaire étudié possède une section intérieure de 400 mm par 250 mm. Le tube de Pitot est raccordé à un capteur différentiel. Le facteur de conversion propre au montage de cette situation est $K = 0,0120\,\mathrm{m^3\,s^{-1}\,Pa^{-1/2}}$. La relation à utiliser est $q_v = K\sqrt{\Delta p}$, avec q_v en m³/s et Δp en Pa. Le schéma est fonctionnel et non destiné à la fabrication du conduit.

Les prises de pression doivent être repérées, les flexibles raccordés sans inversion des voies haute et basse pression et le tube de Pitot orienté dans le sens de l'écoulement. Avant acquisition, vérifier l'étanchéité des raccords et la mise à zéro du capteur différentiel, conformément à la notice de l'équipement.



DT 1	Vue de principe du conduit et de la chaîne de pression	Éch. : Schéma fonctionnel sans échelle	Unité : mm

DT 2 : CARACTÉRISTIQUES DES ÉQUIPEMENTS ET DE L'ACQUISITION

Les prix indiqués sont des prix unitaires HT applicables à cette étude. La carte comporte une entrée analogique unipolaire 0 à 10 V, un convertisseur 12 bits et une résistance de précision 250 Ω, ±0,1 %, destinée à convertir le courant 4 à 20 mA du capteur DP-250 en une tension. Pour le calcul du pas, utiliser 4096 niveaux répartis sur 0 à 10 V. Les coûts des capteurs et périphériques sont donnés dans le tableau.

Fiche des équipements de la chaîne de mesure

Équipement	Caractéristiques utiles	Coût HT
Capteur DP-250	0 à 250 Pa ; sortie 4 à 20 mA ; exactitude ±(0,5 % lecture + 0,2 Pa)	180 €
Capteur de température T-50	0 à 50 °C ; sortie 4 à 20 mA ; exactitude ±0,5 °C	75 €
Carte d'acquisition	Deux entrées 0 à 10 V ; 12 bits ; horodatage ; alimentation 24 V continu	220 €
Résistance de conversion	250 Ω ; ±0,1 % ; puissance nominale 0,25 W	4 €
Afficheur	Affichage de la pression, de la température et du débit calculé	95 €
Câblage et montage	Forfait de fourniture et de montage pour la situation	35 €

Caractéristiques et coûts fournis pour la situation.

DT 3 : CRITÈRES DE RÉCEPTION, QUALITÉ MÉTROLOGIQUE ET PRÉVENTION

Critère de réception du projet : le résultat de débit, avec son incertitude élargie, doit être compatible avec la plage $0,120 \pm 0,003\,\mathrm{m^3/s}$. Pour la décision demandée, l'intervalle $[q_v - U(q_v); q_v + U(q_v)]$ doit être inclus dans la plage d'acceptation 0,110 à 0,130 m³/s.

Références à prendre en compte : NF EN ISO/IEC 17025 pour les principes de compétence, de traçabilité et de maîtrise des équipements lorsqu'ils sont applicables à l'activité du laboratoire ; NF EN 12599 comme référence technique relative aux essais et mesures des systèmes de ventilation. Les éditions en vigueur et leur champ d'application doivent être vérifiés par l'organisme. Pour la prévention, appliquer les principes généraux du Code du travail, l'évaluation des risques de l'employeur et la procédure de consignation du site. Les données de ce document sont des consignes de la situation, pas des extraits de clauses normatives.

Situations dangereuses repérées sur le poste

Situation	Risque principal	Exemple de mesure de prévention
Intervention près du ventilateur	Entraînement ou choc par une partie mobile	Arrêt, consignation et vérification de l'absence de mouvement
Perçage ou accès au conduit	Projection de particules et coupure	Autorisation de l'intervention, lunettes et outil adapté
Mesures autour d'une alimentation électrique	Contact électrique	Matériel adapté, contrôle visuel et mise hors tension si nécessaire
Tuyaux et câbles traversant une zone de circulation	Trébuchement ou arrachement des raccords	Cheminement sécurisé et balisage de la zone

Données de prévention fournies pour l'analyse de la situation.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Choix de la chaîne et relevé des contrôles, questions 3.3 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau avec les équipements retenus, leurs caractéristiques utiles et les contrôles préalables. Reporter le calcul de décision de conformité dans la dernière ligne.

Nomenclature et contrôles préalables

Fonction	Équipement retenu	Plage ou caractéristique utile	Contrôle avant mesure
Mesure de pression différentielle	.....	.....	.....
Mesure de température	.....	.....	.....
Acquisition et conversion	.....	.....	.....
Affichage et enregistrement	.....	.....	.....
Résultat de débit et décision de conformité	.....	.....	.....

Document à compléter par le candidat.

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Analyse des risques et mesures de prévention, question 4.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Pour chaque situation, indiquer le risque principal, une mesure de prévention adaptée et un moyen concret de vérifier que cette mesure est effective avant le début de la mesure.

Tableau d'analyse des risques

Situation dangereuse	Risque principal	Mesure de prévention	Vérification de l'efficacité
Intervention près du ventilateur en fonctionnement intermittent	.....	.....	.....
Perçage ou accès au conduit	.....	.....	.....
Raccordement de l'acquisition électrique	.....	.....	.....
Câbles et flexibles en zone de circulation	.....	.....	.....

Document à compléter par le candidat.

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.