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

BACHELOR UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

GÉNIE MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE

ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE 5 : DÉVELOPPER DURABLEMENT

SESSION 2026

Durée : 2 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
GÉNIE MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE	3 (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 : ATELIER MÉCALOIRE, SAINT-NAZAIRE, LOIRE-ATLANTIQUE

L'Atelier MécaLoire fabrique des supports mécaniques destinés à fixer des capteurs dans les équipements de manutention d'un site agroalimentaire. Le client demande une étude de remplacement du support actuel en acier par une variante en aluminium, et souhaite réduire les impacts environnementaux sans diminuer la durée de service ni la sécurité de l'assemblage.

Le besoin porte sur un support de dimensions hors tout 220 × 120 × 8 mm, utilisé pendant 10 ans et soumis à une charge maximale de service de 1,5 kN. Les deux variantes étudiées ont la même géométrie, les mêmes interfaces de fixation et la même durée de service prévue. Le dossier fournit les données nécessaires à l'analyse environnementale, au choix de la matière et à la préparation de la fabrication. Les réponses doivent être justifiées à partir des documents techniques DT 1 à DT 3. L'évaluation est organisée dans le cadre des modalités de contrôle définies par l'établissement.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et exigences applicables (5 points)

Définition du besoin, cycle de vie et enjeux du développement durable

Vous intervenez comme technicienne ou technicien méthodes. À partir du besoin du client et des DT 1 et DT 2, vous caractérisez la fonction du support et le périmètre pertinent de l'étude environnementale. Distinguez les données fournies des hypothèses qui seraient nécessaires si une donnée manquait.

Données de cadrage du produit

Critère	Exigence ou donnée
Fonction principale	Maintenir un capteur en position sur un équipement
Charge maximale de service	1,5 kN
Durée de service visée	10 ans
Géométrie et interfaces	Identiques pour les deux variantes
Fin de vie envisagée	Tri et valorisation des métaux selon les filières disponibles

Données communes aux deux variantes, extraites du cahier des charges.

1.1 (2 points) Formulez la fonction principale du support et indiquez deux contraintes techniques ou d'usage à respecter. Identifiez ensuite deux enjeux de développement durable, dont au moins un enjeu environnemental et un enjeu économique ou sociétal.

1.2 (1,5 point) Établissez les principales étapes du cycle de vie à inclure dans la comparaison des deux variantes, de l'extraction ou de la production de la matière jusqu'à la fin de vie. Justifiez pourquoi les étapes de fabrication, d'utilisation et de fin de vie doivent être considérées même si la géométrie est identique.

1.3 (1,5 point) À partir du DT 2, relevez l'unité fonctionnelle retenue et l'indicateur environnemental quantifié. Citez une limite de l'analyse qui doit être signalée au client avant de tirer une conclusion définitive.

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

Comparaison multicritère, débit matière, rendement et paramètres de coupe

Les dimensions du support sont données sur le DT 1. Les données de densité, de coût et d'impacts sont fournies au DT 2. Pour les calculs, conserver les unités et présenter les étapes. Arrondir les masses au gramme, les coûts au centime et les pourcentages au dixième de point.

Données de fabrication et de comparaison des variantes

Donnée	Variante A : acier S355	Variante B : aluminium 6082 recyclé
Masse volumique	7 850 kg/m³	2 700 kg/m³
Coût matière	2,10 €/kg	5,20 €/kg
Impacts matière	4,80 kg CO_2e	2,40 kg CO_2e
Impacts fabrication	2,10 kg CO_2e	3,40 kg CO_2e
Impacts utilisation sur 10 ans	0,60 kg CO_2e	0,40 kg CO_2e
Impacts fin de vie	0,30 kg CO_2e	0,20 kg CO_2e
Prix de la tôle format 1 000 × 500 mm, épaisseur 8 mm	Fourni au devis : 65,00 €	Calculer à partir du coût matière et de la masse de la tôle

Les valeurs d'impact sont données par support fonctionnel sur 10 ans.

2.1 (1,5 point) Calculez, pour chaque variante, l'impact total en kg CO_2e par support sur 10 ans. Déterminez la réduction en pourcentage obtenue par la variante B par rapport à la variante A. La formule de variation relative est : $\text{réduction} = \frac{I_A - I_B}{I_A} \times 100$.

2.2 (2 points) Pour la variante B, calculez le volume et la masse d'un support à partir des dimensions 220 × 120 × 8 mm et de la masse volumique fournie au DT 2. Une tôle mesure 1 000 × 500 mm. Le placement comprend 4 pièces dans le sens de la longueur et 4 dans le sens de la largeur, avec un trait de coupe de 2 mm entre pièces. Calculez le nombre de pièces obtenues, le rendement surfacique utile et le pourcentage de chute. Utilisez $\eta = \frac{N A_p}{A_t} \times 100$, où A_p est l'aire d'une pièce et A_t l'aire de la tôle.

2.3 (1,5 point) Calculez le coût matière aluminium imputable à un support en répartissant le coût de la tôle entre les 16 pièces obtenues. Déterminez d'abord la masse de la tôle à partir de son volume et de la masse volumique de l'aluminium, puis son coût total. Le coût imputé par pièce est le coût de la tôle divisé par le nombre de pièces. Comparez ce coût au coût matière d'un support calculé sur sa masse nette et expliquez l'origine de l'écart.

2.4 (1 point) Une fraise de diamètre 10 mm, à 4 dents, doit usiner l'aluminium à une vitesse de coupe recommandée de 180 m/min et une avance par dent de 0,05 mm. Calculez la fréquence de rotation $n = \frac{1000V_c}{\pi D}$, puis la vitesse d'avance $V_f = f_z z n$. Indiquez si la fréquence calculée respecte la limite machine de 6 000 tr/min.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et protocole opératoire (5 points)

Débit, organisation des opérations et maîtrise des consommations

La variante aluminium est retenue pour une étude de présérie, sous réserve de validation technique et de confirmation des hypothèses environnementales. À partir du DT 1 et du DT 3, proposez une préparation cohérente de la fabrication et renseignez le document réponse DR 1.

Ressources et paramètres atelier

Paramètre	Valeur
Quantité de présérie	32 supports
Format de tôle aluminium	1 000 × 500 × 8 mm
Trait de coupe retenu pour le calcul de nesting	2 mm
Émulsion de coupe dans le bac	40 L, concentration visée 5 % en volume
Mélange	Concentré et eau ; le volume final demandé est 40 L
Ordre général des opérations	Débit, ébavurage, usinage des interfaces, contrôle, identification

Données de préparation fournies pour l'ordre de fabrication.

3.1 (2 points) Proposez une gamme opératoire ordonnée pour fabriquer un support, depuis la réception de la tôle jusqu'au conditionnement. Précisez au moins quatre opérations, une vérification dimensionnelle ou fonctionnelle après usinage, et un moyen de limiter les rebuts ou les consommations de matière.

3.2 (1,5 point) Calculez le nombre minimal de tôles nécessaires pour produire 32 supports si chaque tôle fournit 16 pièces. Calculez la quantité de concentré nécessaire pour préparer 40 L d'émulsion à 5 % en volume, puis le volume d'eau à ajouter pour obtenir le volume final demandé.

3.3 (1,5 point) Complétez le DR 1 avec les données de débit et de préparation. Indiquez deux indicateurs mesurables à suivre pendant la présérie pour vérifier la performance environnementale ou industrielle. Pour chacun, précisez l'unité et la méthode de relevé.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité au poste (4 points)

Identification des risques et mesures de prévention

La fabrication comprend la manutention de tôles, une opération de découpe, un usinage sur machine-outil et la préparation d'une émulsion de coupe. Les principes généraux de prévention du Code du travail s'appliquent. Les informations de poste et les consignes de sécurité sont données au DT 3.

Situations de travail à analyser

Situation	Danger ou événement redouté
Déplacement d'une tôle	Coupure, écrasement ou chute de la charge
Usinage	Projection de copeaux, contact avec l'outil en rotation
Préparation de l'émulsion	Contact cutané ou projection de concentré
Nettoyage de la zone	Glissade liée à un déversement de fluide

Éléments issus de l'observation du poste de fabrication.

4.1 (2 points) Pour trois situations du tableau, associez le danger à un dommage possible et proposez une mesure de prévention collective ou organisationnelle prioritaire. Les équipements de protection individuelle doivent être présentés comme un complément lorsque la réduction du risque à la source ou la protection collective ne suffit pas.

4.2 (1 point) Indiquez les précautions nécessaires avant de préparer l'émulsion et citez deux informations de sécurité à vérifier sur l'étiquette ou la fiche de données de sécurité du concentré.

4.3 (1 point) Proposez une conduite à tenir en cas de déversement d'émulsion au sol, en mentionnant la protection des personnes, le traitement du déversement et l'élimination des déchets conformément aux consignes du site.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : DÉFINITION DU SUPPORT ET GÉOMÉTRIE DE LA PIÈCE

Support de capteur fabriqué dans une tôle d'épaisseur 8 mm. Les cotes sont en millimètres. Dimensions hors tout : 220 × 120 mm. Deux lumières de fixation sont représentées schématiquement ; leurs positions sont identiques pour les deux variantes et doivent être reprises depuis le modèle numérique de définition avant lancement en fabrication. La géométrie présentée sert aux calculs de masse et de nesting. Les surfaces fonctionnelles et les tolérances finales sont définies par le plan de production du client.

La charge maximale de service est de 1,5 kN. La présente étude de développement durable ne remplace pas la validation mécanique détaillée de la pièce et de ses assemblages.

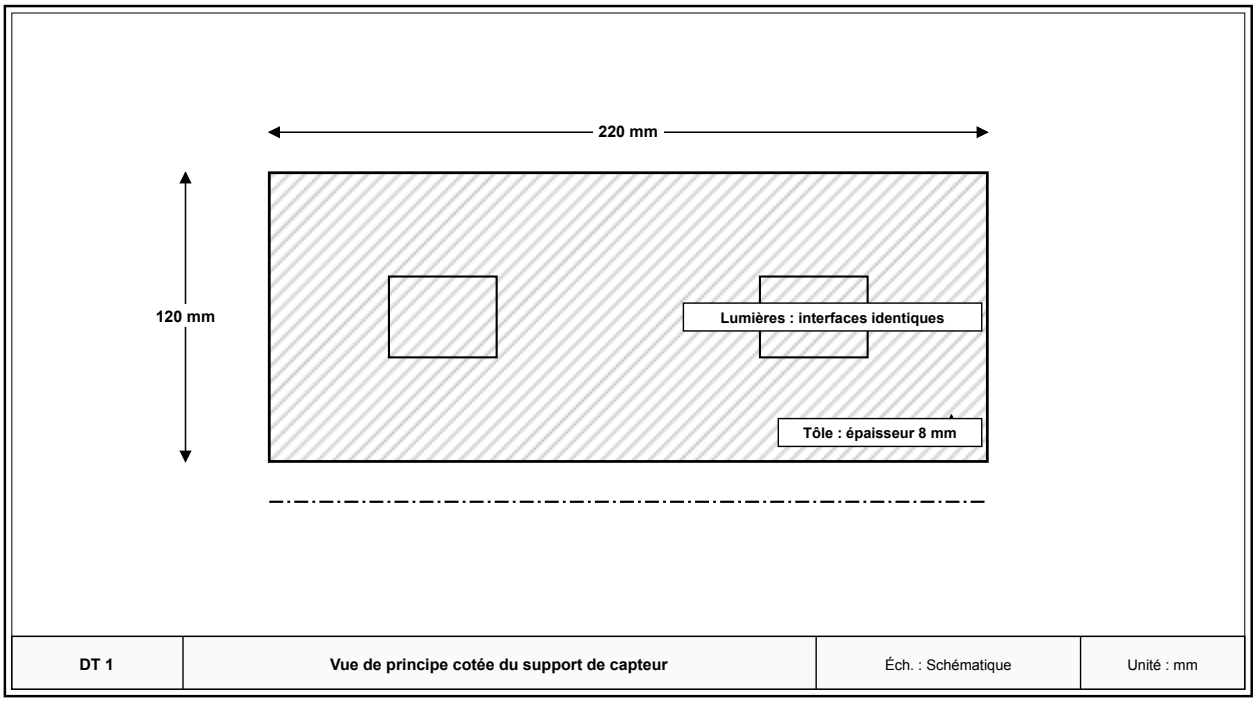


Schéma de principe, non destiné à la fabrication sans le modèle numérique de définition. Cotes hors tout en mm.

Caractéristiques des variantes

Caractéristique	Variante A	Variante B
Désignation matière	Acier S355	Aluminium 6082 recyclé
Épaisseur	8 mm	8 mm
Masse volumique	7 850 kg/m³	2 700 kg/m³
Géométrie	220 × 120 × 8 mm	220 × 120 × 8 mm
Durée de service prévue	10 ans	10 ans

Valeurs de masse volumique données pour les calculs de ce sujet.

DT 2 : DONNÉES D'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET DE COÛT MATIÈRE

L'unité fonctionnelle est : maintenir un capteur en position pendant 10 ans dans les conditions de service définies au cahier des charges. Les impacts sont des données d'étude simplifiées fournies par le bureau méthodes, exprimées en kg CO_2e par unité fonctionnelle. Elles incluent les étapes indiquées, mais ne couvrent pas l'ensemble des indicateurs environnementaux possibles.

La comparaison suppose une durée de service et une performance fonctionnelle identiques. Elle ne constitue pas à elle seule une analyse de cycle de vie complète au sens des méthodes d'analyse de cycle de vie. Une décision de conception doit aussi examiner, selon les données disponibles, la disponibilité des matières, les procédés, la réparabilité, les filières de fin de vie et les impacts non quantifiés.

Le cadre méthodologique général des analyses de cycle de vie est notamment décrit dans les normes ISO 14040 et ISO 14044. Le système de management environnemental de l'entreprise peut s'appuyer sur ISO 14001. Ces références ne remplacent pas les exigences réglementaires applicables au site.

Inventaire simplifié des impacts par support fonctionnel

Étape du cycle de vie	Acier S355 (kg CO_2e)	Aluminium 6082 recyclé (kg CO_2e)
Matière	4,80	2,40
Fabrication	2,10	3,40
Utilisation sur 10 ans	0,60	0,40
Fin de vie	0,30	0,20
Périmètre	Support complet, unité fonctionnelle identique	Support complet, unité fonctionnelle identique

Données communiquées pour la comparaison des deux variantes sur 10 ans.

Données de coût et de calcul

Donnée	Valeur
Format de tôle	1 000 × 500 × 8 mm
Coût aluminium	5,20 €/kg
Masse volumique aluminium	2 700 kg/m³
Nombre de pièces par tôle retenu	16
Épaisseur de la tôle	0,008 m
Aire d'une pièce pour le calcul de rendement	220 × 120 mm²

La tôle est considérée pleine pour l'estimation de masse du format ; les lumières ne sont pas déduites de la masse brute.

Donnée de conditionnement réutilisable

Élément	Épaisseur e	Conductivité thermique λ
Panneau isolant de la caisse	20 mm	0,038 W/(m·K)

Valeur fournie pour évaluer la résistance thermique d'une couche isolante dans une caisse de transport réutilisable.

DT 3 : DONNÉES DE PRÉPARATION ATELIER ET CONSIGNES DE PRÉVENTION

Le poste comprend une scie ou un moyen de découpe adapté aux tôles, une fraiseuse à commande numérique, des moyens de manutention et un bac d'émulsion. Les protecteurs de machines doivent être en place et fonctionnels. Les opérations de réglage, de nettoyage et de retrait de copeaux sont réalisées machine arrêtée, selon les instructions du fabricant et les procédures du site. Ne jamais retirer les copeaux à la main ni intervenir dans une zone dangereuse lorsque l'outil est en mouvement.

La concentration d'émulsion est exprimée en pourcentage volumique du volume final. Pour un mélange final de volume V et de concentration c, le volume de concentré est $V_c = cV$, puis le volume d'eau est $V_e = V - V_c$. Respecter les indications du fabricant du concentré et la fiche de données de sécurité : ordre de mélange, protections, premiers secours, stockage et gestion des déversements.

Pour une couche homogène, la résistance thermique surfacique se calcule par $R = \frac{e}{\lambda}$, avec e en mètres et λ en W/(m·K). Cette valeur caractérise la couche indiquée et ne représente pas, à elle seule, la performance thermique complète de la caisse.

Les mesures de prévention sont définies selon les principes généraux de prévention et l'évaluation des risques du site. Les risques liés aux manutentions, aux machines, aux projections, aux fluides de coupe et aux sols glissants doivent être pris en compte. Les consignes internes de tri et d'évacuation des déchets s'appliquent.

Paramètres d'usinage et données de coupe

Paramètre	Valeur
Vitesse de coupe aluminium Vc	180 m/min
Diamètre de fraise D	10 mm
Nombre de dents z	4
Avance par dent fz	0,05 mm/dent
Vitesse maximale de broche	6 000 tr/min
Formule de vitesse de rotation	n = 1000 Vc/(πD)
Formule de vitesse d'avance	Vf = fz z n

Valeurs communiquées par le service méthodes pour le calcul préparatoire.

Risques et principes de prévention à examiner

Risque	Exemples de mesures de prévention
Manutention des tôles	Aide mécanique adaptée, organisation du stockage, zone de circulation dégagée
Projection et contact avec l'outil	Protecteurs en place, bridage, réglage machine arrêtée, lunettes selon l'évaluation du risque
Contact avec le concentré	Consulter la fiche de données de sécurité, méthode de mélange définie, protections adaptées
Déversement au sol	Balisage, absorbant adapté, collecte et élimination selon les consignes du site

La mesure retenue doit être adaptée au poste et à l'évaluation des risques de l'établissement.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Feuille de débit et préparation de présérie — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases marquées « ... » en indiquant les calculs utiles et les unités. Pour la concentration, le volume final demandé est de 40 L.

Tableau de débit et de préparation

Élément à déterminer	Résultat	Unité ou justification
Nombre de pièces par tôle	.....	pièces
Nombre de tôles pour 32 supports	.....	tôles
Masse nette d'un support aluminium	.....	kg
Rendement surfacique du nesting	.....	%
Chute surfacique	.....	%
Concentré nécessaire pour 40 L à 5 %	.....	L
Eau à ajouter pour obtenir 40 L	.....	L
Indicateur de suivi 1 : valeur, unité et relevé	.....	.....
Indicateur de suivi 2 : valeur, unité et relevé	.....	.....

À compléter par le candidat.

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Synthèse de comparaison et décision argumentée — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau à partir des calculs et des données du dossier. La recommandation doit mentionner les conditions ou vérifications à effectuer avant une généralisation en production.

Tableau de comparaison des variantes

Critère	Acier S355	Aluminium 6082 recyclé	Conclusion ou réserve
Impact total sur 10 ans	.....	.....	.....
Masse nette du support	.....	.....	.....
Coût matière net du support	.....	.....	.....
Un avantage environnemental	.....	.....	.....
Une limite de la comparaison	.....	.....	.....
Recommandation au client	.....	.....	.....

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.