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

CONCEPTION DES PROCESSUS DE RÉALISATION DE PRODUITS

ÉPREUVE E6 : SOUS-ÉPREUVE U61 : PROJET COLLABORATIF D'OPTIMISATION D'UN PRODUIT ET D'UN PROCESSUS

SESSION 2026

Durée : 4 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
CONCEPTION DES PROCESSUS DE RÉALISATION DE PRODUITS	3

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.

Poste informatique avec logiciel de CAO fourni, maquette numérique et fichiers du dossier technique mis à disposition. Documents fournis avec le sujet autorisés. Calculatrice conforme à la règle ci-dessus.

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

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : MÉCAPRO LOIRE, ATELIER DE FABRICATION MÉCANIQUE, SAINT-ÉTIENNE (LOIRE)

L'atelier Mécapro Loire fabrique en petite série un support de capteur destiné à un convoyeur de conditionnement. Le support actuel est usiné dans un brut parallélépipédique en aluminium. Le responsable de production demande une optimisation conjointe de la géométrie et du processus d'usinage afin de réduire la masse de matière consommée et le temps de cycle, sans compromettre la rigidité, le montage ni la contrôlabilité de la pièce.

Vous intervenez au sein de l'équipe projet. À partir des documents techniques et de la maquette numérique fournie, vous analysez l'existant, justifiez une proposition d'optimisation, préparez son processus de réalisation et faites évoluer la maquette numérique. Vous rendez les documents DR 1 et DR 2 et présentez vos choix au cours d'un échange avec l'examinateur.

La pièce doit respecter les exigences suivantes : encombrement fini de 120 mm × 80 mm × 20 mm ; deux perçages traversants Ø 8,5 mm destinés au montage ; plan de référence A plan et plan de référence B perpendiculaire à A ; tolérance générale ISO 2768-1, classe m, sauf spécifications particulières ; rugosité des surfaces fonctionnelles Ra 3,2 µm au maximum ; arêtes non fonctionnelles ébavurées. La maquette modifiée doit rester compatible avec un usinage sur centre d'usinage 3 axes.

Le barème des parties totalise 20 points. La qualité de l'argumentation, la cohérence des choix produit-processus et la prise en compte des risques sont appréciées dans les réponses et lors de l'échange.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle, situation d'amélioration et exigences (5 points)

Compétences C4 et C7 : analyser le besoin, identifier les critères d'optimisation et argumenter les exigences

À l'aide des DT 1 et DT 3, caractérisez le besoin auquel répond le support et les contraintes à préserver. Les données nécessaires à l'analyse sont fournies dans le dossier technique.

Exigences à prendre en compte dans l'analyse

Exigence	Valeur ou condition	Critère de vérification
Encombrement fini	120 mm × 80 mm × 20 mm	Contrôle dimensionnel
Montage	2 perçages traversants Ø 8,5 mm	Contrôle du diamètre et de la position
Références fonctionnelles	A : face d'appui ; B : face latérale de référence	Contrôle géométrique
État de surface fonctionnel	Ra ≤ 3,2 µm	Mesure ou contrôle adapté
Réalisation	Usinage sur centre 3 axes	Vérification de l'accessibilité outil
Optimisation attendue	Réduire matière consommée et temps de cycle	Comparaison chiffrée et justification

Données du cahier des charges de l'atelier

1.1 (1,5 point) Formulez la fonction principale du support et indiquez deux fonctions ou contraintes associées au montage du capteur sur le convoyeur.

1.2 (2 points) Identifiez trois critères d'optimisation pertinents pour ce projet. Pour chacun, indiquez une grandeur mesurable, une cible ou une limite issue du dossier, et un moyen de vérification.

1.3 (1,5 point) Complétez le diagnostic fonctionnel du DR 1. Distinguez les exigences non négociables des critères pouvant être optimisés et justifiez une priorité de travail.

PARTIE 2 : Étude technologique, matériau et calculs d'optimisation (7 points)

Compétence C7 : relier produit, matériau, procédé, processus et coûts

Les caractéristiques du brut, de la pièce et de l'outil sont données dans les DT 1 et DT 2. Présentez vos calculs avec les unités et précisez les hypothèses retenues.

Données utiles aux calculs

Donnée	Valeur
Brut actuel	125 mm × 85 mm × 30 mm
Brut proposé	125 mm × 85 mm × 25 mm
Pièce finie hors évidement et perçages	120 mm × 80 mm × 20 mm
Évidement proposé	82 mm × 48 mm × 8 mm
Perçages	2 × Ø 8,5 mm traversants sur 20 mm
Masse volumique de l'aluminium 6082-T6	2,70 kg/dm³
Prix matière	8,40 €/kg
Fraise carbure	D = 10 mm ; z = 3 dents ; Vc = 180 m/min ; fz = 0,040 mm/dent
Vitesse maximale de broche	8 000 tr/min

Extrait des données de production fournies

2.1 (2 points) Calculez le volume du brut actuel et celui du brut proposé. Déduisez la masse de chacun à partir de la masse volumique fournie. Utilisez les conversions nécessaires, en rappelant que 1 dm³ = 1 000 000 mm³.

2.2 (2 points) Évaluez le volume de matière retiré par l'évidement et par les deux perçages. Pour les perçages, utilisez le modèle cylindrique. Calculez ensuite la masse théorique de la pièce finie à partir du volume extérieur, puis de la matière enlevée. Indiquez les limites de cette estimation.

2.3 (1,5 point) Calculez le rendement massique matière de la pièce pour le brut proposé selon la relation $\eta = \frac{m_{pièce}}{m_{brut}} \times 100$. Calculez le coût matière d'un brut actuel et d'un brut proposé, puis l'économie matière par pièce. Le coût est calculé à partir de la masse du brut et du prix matière fourni.

2.4 (1,5 point) Calculez la fréquence de rotation de la fraise avec $n = \frac{1000V_c}{\pi D}$, puis l'avance de coupe avec $V_f = nzf_z$. Arrondissez la fréquence à la dizaine de tours par minute et l'avance au millimètre par minute. Vérifiez la compatibilité avec la vitesse maximale de broche et indiquez un réglage exploitable.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et évolution de la maquette numérique (5 points)

Compétences C4 et C7 : proposer un processus cohérent, collaborer et faire évoluer la définition numérique

À partir de votre diagnostic et des données du dossier, proposez un processus de réalisation compatible avec les moyens décrits dans le DT 2. Modifiez la maquette numérique fournie pour intégrer une proposition d'évidement réalisable. Conservez les surfaces de référence et les exigences de montage.

Moyens et contraintes de fabrication

Moyen ou contrainte	Donnée
Machine	Centre d'usinage 3 axes, broche maximale 8 000 tr/min
Maintien	Étaux avec mors doux ; appui de référence sur la face A
Outils disponibles	Fraise carbure Ø 10 mm, foret Ø 8,5 mm, outil à chanfreiner
Contrôle	Pied à coulisse, micromètre, moyens de contrôle des perçages et contrôle de planéité
Définition	La maquette modifiée doit conserver les cotes fonctionnelles du DT 1
Ordre de fabrication	Éviter l'usinage des références après leur utilisation pour le positionnement

Données de l'atelier

3.1 (2 points) Complétez le DR 2 en proposant une gamme d'au moins quatre opérations. Pour chaque opération, précisez le moyen ou l'outil, la mise en position ou le maintien, ainsi qu'un contrôle pertinent. L'ordre proposé doit préserver les références fonctionnelles.

3.2 (1,5 point) Sur le poste de CAO, faites évoluer la maquette fournie en créant l'évidement proposé de 82 mm × 48 mm × 8 mm. Maintenez une épaisseur minimale de fond de 12 mm sur une pièce de 20 mm d'épaisseur, conservez les deux perçages et vérifiez l'accessibilité de l'outil de diamètre 10 mm. Enregistrez le fichier sous le nom indiqué par l'examinateur.

3.3 (1,5 point) Complétez le DR 2 par une justification synthétique de votre proposition. Indiquez au moins un bénéfice mesurable, une conséquence sur le processus ou le contrôle et un risque technique à vérifier avant validation.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et organisation du travail (3 points)

Prendre en compte les risques de fabrication et contribuer à un travail collectif organisé

Les règles de prévention de l'atelier et les éléments réglementaires utiles sont rappelés dans le DT 3. Vos propositions doivent être applicables au poste d'usinage décrit.

Situations à analyser

Situation	Risque à considérer
Réglage et lancement de l'usinage	Contact avec les organes mobiles ou projection
Évacuation des copeaux	Coupure, brûlure ou projection
Manipulation du brut et de la pièce	Pincement ou manutention inadaptée
Travail en équipe projet	Information incomplète ou perte de traçabilité des choix

Situations rencontrées lors de la préparation et de l'usinage

4.1 (1,5 point) Pour deux situations du tableau, associez un risque à une mesure de prévention concrète. Distinguez les mesures liées à la machine de celles liées à l'organisation ou aux équipements de protection.

4.2 (1,5 point) Proposez une organisation courte du travail collaboratif en trois étapes, avec une action de coordination et une trace permettant de retrouver les choix techniques retenus. Présentez ensuite à l'examinateur une décision d'optimisation et l'argument qui la justifie.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : DÉFINITION FONCTIONNELLE ET GÉOMÉTRIQUE DU SUPPORT DE CAPTEUR

Pièce : support de capteur de convoyeur, actuellement usiné dans un brut d'aluminium. La face inférieure constitue la référence A. Une face latérale perpendiculaire à A constitue la référence B pour le positionnement. Le plan de définition impose un encombrement fini de 120 mm × 80 mm × 20 mm et deux perçages traversants Ø 8,5 mm. Les centres des perçages sont situés à 18 mm des extrémités longitudinales et sur l'axe médian de la largeur. Le projet propose un évidement rectangulaire centré de 82 mm × 48 mm et de 8 mm de profondeur, sous réserve de validation mécanique. Le fond résiduel est donc de 12 mm. Tolérances générales : ISO 2768-1, classe m, sauf indication spécifique au plan. Les surfaces A et B sont des références fonctionnelles ; l'état de surface demandé sur les surfaces fonctionnelles est Ra 3,2 µm au maximum. Les arêtes non fonctionnelles sont ébavurées.

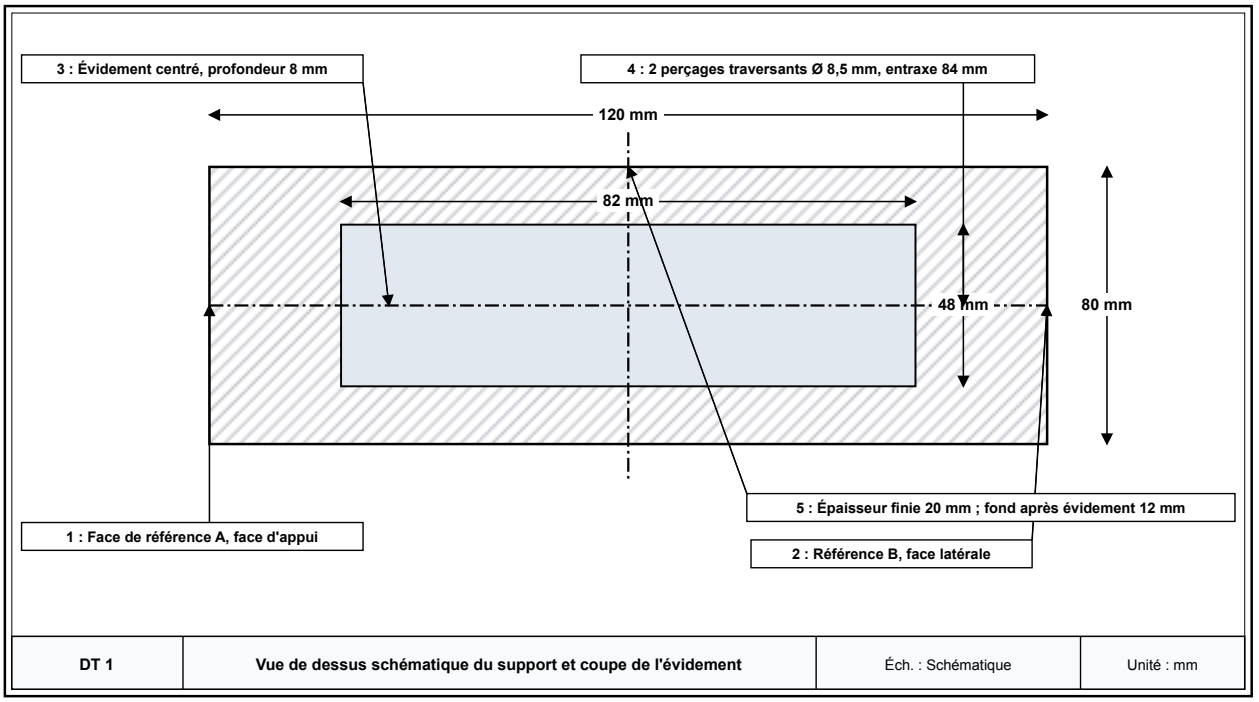


Schéma de principe, cotes fonctionnelles données par les annotations ; géométrie non utilisable comme fichier de fabrication.

Caractéristiques fonctionnelles et spécifications

Caractéristique	Spécification	Référence ou méthode
Encombrement fini	120 mm × 80 mm × 20 mm	Cahier des charges
Perçages	2 × Ø 8,5 mm traversants ; entraxe 84 mm	Axes sur l'axe médian de la largeur
Position des perçages	Centres à 18 mm des extrémités longitudinales	Contrôle dimensionnel
Évidement d'optimisation	82 mm × 48 mm × 8 mm, centré	Proposition à valider
Références	A : face d'appui ; B : face latérale	Mise en position et contrôle
Tolérances générales	ISO 2768-1, classe m, sauf indication particulière	Référence normative citée au dossier
État de surface fonctionnel	Ra ≤ 3,2 µm	Surfaces fonctionnelles

Données de définition remises avec le sujet

DT 2 : MATÉRIAU, DONNÉES DE PRODUCTION ET PARAMÈTRES D'USINAGE

Matériau retenu pour l'étude : aluminium 6082-T6. Masse volumique conventionnelle fournie pour les calculs : 2,70 kg/dm³. Prix d'achat moyen communiqué par l'atelier : 8,40 €/kg. Les dimensions des bruts incluent les surépaisseurs nécessaires à la mise à longueur et à la finition des faces. Les calculs de coût demandés ne prennent en compte que le coût matière du brut ; ils ne comprennent ni énergie, ni temps machine, ni outillage, ni frais indirects.

Pour l'estimation du volume de matière enlevé par les deux perçages, assimiler chaque perçage à un cylindre de diamètre 8,5 mm et de longueur 20 mm. Pour l'estimation de la masse finie, partir du volume extérieur de la pièce, soustraire l'évidement et les deux perçages, et négliger les chanfreins. Le calcul est une estimation géométrique : il ne constitue pas une validation de résistance.

Paramètres de coupe communiqués pour la fraise carbure : vitesse de coupe Vc = 180 m/min, diamètre D = 10 mm, nombre de dents z = 3, avance par dent fz = 0,040 mm/dent. Formules : $n = \frac{1000 V_c}{\pi D}$ et $V_f = n z f_z$, avec D exprimé en millimètres et Vc en mètres par minute. La fréquence de rotation réelle doit rester inférieure ou égale à la limite machine de 8 000 tr/min.

Fiche matériau et paramètres de fabrication

Élément	Donnée ou valeur	Unité ou remarque
Alliage	Aluminium 6082-T6	Désignation matière
Masse volumique	2,70	kg/dm³
Prix matière	8,40	€/kg
Brut actuel	125 × 85 × 30	mm
Brut proposé	125 × 85 × 25	mm
Fraise	D = 10 ; z = 3	mm ; dents
Vitesse de coupe	180	m/min
Avance par dent	0,040	mm/dent
Limite broche	8 000	tr/min

Données fournies par le service méthodes

DT 3 : EXIGENCES QUALITÉ, CONTRÔLE ET PRÉVENTION DES RISQUES

Références et règles applicables au cas étudié : le dossier de définition renvoie à l'ISO 2768-1, classe m, pour les tolérances générales non spécifiées. La conformité finale est vérifiée au regard du plan de définition et des exigences fonctionnelles ; une tolérance générale ne remplace pas une tolérance particulière nécessaire au fonctionnement.

Repère réglementaire fourni : l'article L. 4121-1 du Code du travail pose l'obligation générale de l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. Pour ce poste, appliquer les instructions de sécurité de la machine et de l'atelier : carters et dispositifs de protection en place, porte fermée pendant le cycle, arrêt de la broche avant intervention, aucune évacuation manuelle des copeaux en rotation, utilisation des moyens prévus pour enlever les copeaux, maintien adapté de la pièce et port des équipements de protection prescrits par l'atelier. Les interventions de réglage, de contrôle et de nettoyage sont réalisées selon les procédures locales et après mise en sécurité de la machine.

Contrôles à prévoir selon l'opération : dimensions hors tout et épaisseur, diamètre et position des perçages, planéité de la face A, perpendicularité de la référence B si requise au plan, ébavurage et état des surfaces fonctionnelles. Tout choix d'allègement doit être identifié comme proposition tant qu'il n'a pas été vérifié au regard des efforts en service et validé par le responsable de conception.

Matrice de contrôle et de prévention

Étape ou caractéristique	Risque ou défaut possible	Action de contrôle ou de prévention
Usinage en machine	Projection ou accès aux organes mobiles	Carter en place, porte fermée, cycle lancé selon instruction
Évacuation des copeaux	Coupure, brûlure ou projection	Attendre l'arrêt et utiliser l'outil prévu par l'atelier
Maintien du brut	Déplacement de pièce ou pincement	Vérifier appuis, serrage et dégagement avant cycle
Contrôle dimensionnel	Pièce non conforme au montage	Contrôler les cotes fonctionnelles avec un moyen adapté
Évidement proposé	Rigidité insuffisante en service	Identifier les hypothèses et demander une validation mécanique
Travail collaboratif	Choix non tracé ou information perdue	Consigner la décision, son motif et les vérifications restantes

Repères utilisables pour préparer le processus

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Diagnostic fonctionnel et critères d'optimisation, questions 1.2 et 1.3 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement le tableau. Distinguer les exigences à préserver des critères à optimiser. Les justifications doivent s'appuyer sur les données des DT 1 et DT 3.

Tableau de diagnostic du support

Élément analysé	Exigence ou fonction	Caractère : impératif ou optimisable	Critère mesurable ou vérification
Montage du capteur	.....	.....	.....
Références A et B	.....	.....	.....
Perçages de fixation	.....	.....	.....
Consommation de matière	.....	.....	.....
Temps de fabrication	.....	.....	.....

À compléter par le candidat

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Proposition de gamme et justification de l'optimisation, questions 3.1 et 3.3 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux avec des opérations ordonnées et cohérentes. Ajouter les moyens, le maintien, les contrôles et les justifications demandés. Une ligne supplémentaire peut être ajoutée sur une feuille distincte en conservant la numérotation des opérations.

Feuille de gamme prévisionnelle

N°	Opération	Machine, outil ou moyen	Mise en position ou maintien	Contrôle associé
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

À compléter par le candidat

Justification de la proposition d'optimisation

Point à justifier	Réponse
Bénéfice mesurable attendu	.....
Conséquence sur le processus ou le contrôle	.....
Risque technique ou hypothèse à vérifier	.....
Étape de validation proposée	.....

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.