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 PRODUITS INDUSTRIELS

ÉPREUVE E6 : CONCEPTION PRÉLIMINAIRE - UNITÉ U62 : PROJET COLLABORATIF D'OPTIMISATION D'UN PRODUIT ET D'UN PROCESSUS

SESSION 2026

Durée : 4 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS	3

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé.

Dossier technique numérique du projet, maquette numérique et support numérique de présentation élaborés ou mis à disposition dans le cadre du projet.

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 DU PROJET COLLABORATIF : ATELIER MÉCAFLUX, SAINT-ÉTIENNE (LOIRE), LIGNE DE CONDITIONNEMENT DE L'ENTREPRISE CLIENTE ALIM'CONDITION

Cadre de l'unité : U62 évalue une contribution à un projet collaboratif d'optimisation, au cours du projet et lors de sa revue finale. La présentation est collective, dans la limite de 30 minutes, puis chaque candidat fait l'objet d'un questionnement individuel de 10 minutes. Le dossier ci-dessous constitue un support de projet à exploiter et à adapter par l'équipe projet.

Contexte industriel : l'atelier Mécaflux doit optimiser le support en porte-à-faux d'un capteur installé sur une ligne de conditionnement. Le support actuel, réalisé par usinage, est jugé trop coûteux et mobilise plusieurs opérations. L'équipe doit étudier une variante découpée dans une tôle puis pliée, sans dégrader la rigidité, les interfaces de montage ni la maintenabilité.

Cahier des charges fourni : charge verticale de service au point de fixation du capteur : 180 N ; distance entre le plan d'encastrement et le point d'application : 120 mm ; largeur utile de la section : 40 mm ; épaisseur de la variante étudiée : 6 mm ; flèche maximale sous la charge de service : 1,0 mm ; contrainte admissible de comparaison pour l'acier S235 : 117,5 MPa, correspondant à la limite d'élasticité nominale divisée par un coefficient de sécurité de 2 ; masse maximale visée : 0,75 kg ; lot annuel : 40 supports ; objectif de réduction du coût matière consommé : au moins 10 % par rapport à la solution de référence chiffrée dans le dossier. Les interfaces de fixation existantes doivent être conservées. Toute modification de la maquette numérique, des tolérances ou du procédé doit être justifiée et tracée.

Le projet est conduit en équipe. Chaque candidat doit rendre compte de sa contribution personnelle, expliciter ses échanges avec les autres membres et argumenter les compromis retenus entre produit, matériau, procédé, coût et exigences du client. Le barème sur 20 ci-dessous est une grille de projet associée à ce dossier et ne remplace pas les modalités de contrôle en cours de formation définies par le référentiel.

Partie 1 : Analyse fonctionnelle, exigences et cadre réglementaire (5 points)

Compétences mobilisées : C4 et C11

À partir du cahier des charges et des documents DT 1 à DT 3, formaliser le besoin d'optimisation et établir une base commune de décision pour l'équipe. Les réponses et les preuves attendues sont à intégrer au dossier de projet et à la revue collective.

Exigences principales du support de capteur

Exigence	Valeur ou condition	Moyen de vérification proposé
Charge verticale de service	180 N à 120 mm du plan d'encastrement	Calcul et essai de charge
Flèche maximale	1,0 mm sous la charge de service	Calcul puis mesure sur prototype
Masse maximale	0,75 kg	Pesée du prototype
Lot annuel	40 supports	Donnée de planification
Interfaces existantes	Conservation des interfaces de fixation	Contrôle de la maquette et du montage

Données du cahier des charges industriel du projet.

1.1 (1,5 point) Énoncer la fonction principale du support et au moins trois contraintes ou fonctions contraintes. Pour chacune, indiquer une grandeur mesurable et sa valeur ou sa condition de satisfaction à partir du dossier.

1.2 (1,5 point) Construire une hiérarchisation argumentée des exigences à préserver pendant l'optimisation. Distinguer les exigences impératives des objectifs de progrès et préciser les conséquences d'une modification des interfaces de montage.

1.3 (1 point) Identifier les références réglementaires ou normatives à prendre en compte pour la conception d'un composant destiné à une machine, en vous appuyant sur DT 3. Expliquer pourquoi l'analyse des risques de la machine complète ne peut pas être remplacée par la seule vérification mécanique du support.

1.4 (1 point) Présenter les rôles attribués dans le groupe, votre contribution personnelle et une modalité de validation collective des exigences avant toute modification de la maquette numérique.

Partie 2 : Étude technologique, choix du matériau et dimensionnement (6 points)

Compétences mobilisées : C11 et C4

Comparer la solution de référence en aluminium usiné et la variante en acier S235 découpé et plié. Les hypothèses de calcul et les caractéristiques nécessaires sont fournies dans DT 1 et DT 2. Les résultats doivent être accompagnés des unités et d'une conclusion au regard des critères du cahier des charges.

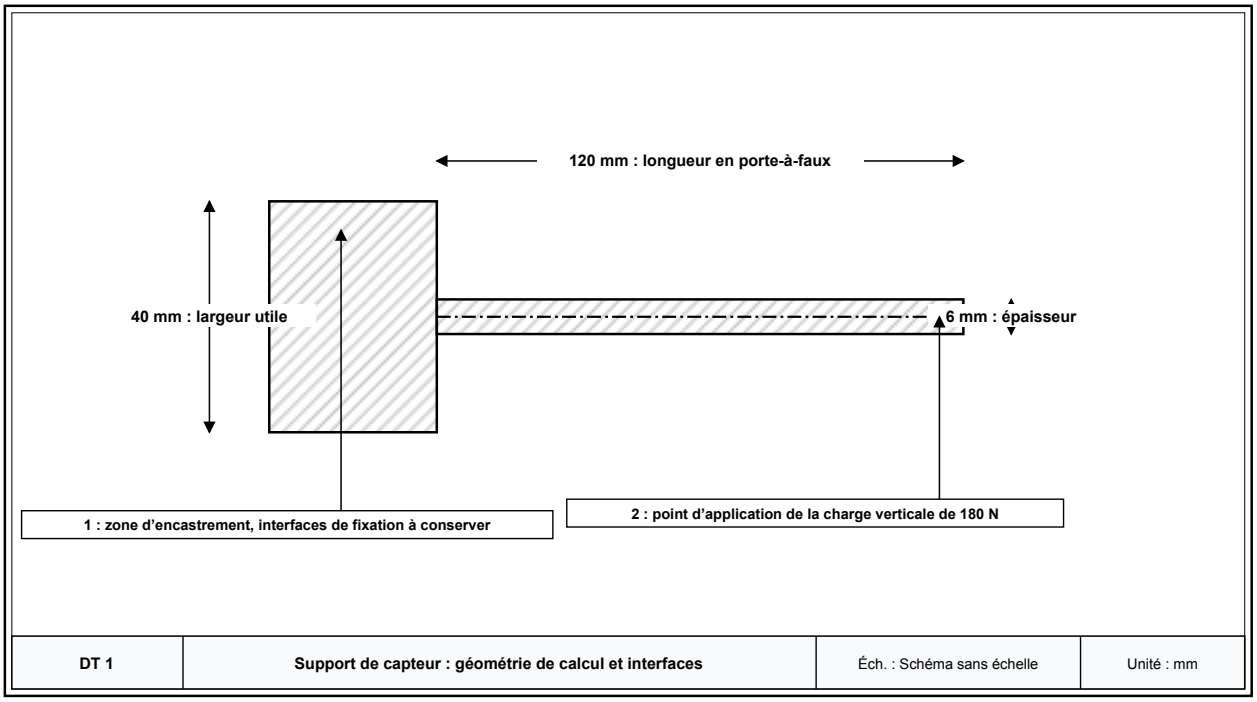


Schéma de principe coté, non destiné à la fabrication. Les cotes écrites font foi.

Données matière et hypothèses de calcul

Matériau	Masse volumique	Module d'Young	Limite d'élasticité nominale	Prix matière
Acier S235	7 850 kg/m³	210 000 MPa	235 MPa	2,40 €/kg
Aluminium 6082-T6	2 700 kg/m³	70 000 MPa	250 MPa	6,20 €/kg

Valeurs de calcul communiquées pour l'étude comparative du projet.

2.1 (1,5 point) Pour la variante en acier, calculer le moment fléchissant maximal sous la charge de service, puis la contrainte normale de flexion. Utiliser un modèle de section rectangulaire de largeur b = 40 mm et d'épaisseur h = 6 mm, avec le moment quadratique d'une section rectangulaire autour de l'axe considéré donné par $I = bh^3/12$ et le module de section $W = I/(h/2)$. La contrainte se calcule par $\sigma = M/W$. Comparer le résultat à la contrainte admissible de 117,5 MPa.

2.2 (1,5 point) Calculer la flèche théorique en bout du porte-à-faux pour la variante en acier à l'aide de $\delta = FL^3/(3EI)$. Employer les unités cohérentes : F en N, L en mm, E en N/mm² et I en mm⁴. Comparer le résultat à la limite de 1,0 mm et commenter les limites du modèle, notamment l'effet de la zone pliée et des conditions réelles de fixation.

2.3 (1,5 point) Calculer la masse théorique de la zone rectangulaire de l'âme de la variante acier, de dimensions 120 mm × 40 mm × 6 mm, puis son coût matière consommé à 2,40 €/kg. Comparer la masse calculée à la limite de 0,75 kg. Préciser que cette estimation ne comprend pas les autres parties éventuelles du support ni les pertes de découpe.

2.4 (1,5 point) À l'aide de DR 1, comparer les deux solutions sur les critères matériau, procédé, masse, coût, délai et risque industriel. Formuler une recommandation provisoire et identifier au moins une donnée à vérifier par essai, devis fournisseur ou consultation du spécialiste de fabrication avant validation.

Partie 3 : Préparation de fabrication et protocole de validation (5 points)

Compétences mobilisées : C11 et C4

Établir une proposition de préindustrialisation cohérente avec le lot annuel de 40 supports. Les dimensions du flan simplifié sont 180 mm × 80 mm, épaisseur 6 mm. La tôle disponible mesure 2 000 mm × 1 000 mm. Le plan de nesting proposé réserve un pas de 185 mm × 85 mm par pièce et une marge périphérique de 5 mm. La vitesse de coupe laser moyenne communiquée est de 1,8 m/min. Le périmètre extérieur du flan vaut 520 mm. Le coût de matière est celui indiqué en DT 2.

Données de préparation de fabrication

Paramètre	Valeur
Flan simplifié	180 mm × 80 mm × 6 mm
Tôle commerciale	2 000 mm × 1 000 mm
Pas de nesting réservé	185 mm × 85 mm
Marge périphérique	5 mm
Vitesse moyenne de coupe	1,8 m/min
Périmètre extérieur par flan	520 mm
Lot à produire	40 pièces

Hypothèses de calcul simplifiées pour le lot de 40 pièces.

3.1 (1,5 point) Calculer le nombre maximal de flans logeables sur une tôle selon le nesting imposé, sans rotation du flan : utiliser les dimensions utiles 1 990 mm × 990 mm et le pas de 185 mm × 85 mm. Donner le nombre de rangées, le nombre de colonnes et le rendement surfacique correspondant à $\eta = NA_{flan}/A_{tôle} \times 100$. Indiquer que ce rendement ne tient pas compte des trajectoires de coupe ni des zones de bridage.

3.2 (1,5 point) Calculer le temps théorique de coupe d'un flan à partir du périmètre de 520 mm et de la vitesse de 1,8 m/min, en utilisant $t = L/v$. Donner le résultat en secondes et préciser les opérations non comprises dans cette durée : perçages, amorçages, déplacements, manutention et réglages.

3.3 (1 point) Compléter la feuille de débit et de gamme simplifiée du DR 2 pour un lot de 40 pièces. Distinguer les opérations de découpe, pliage, contrôle dimensionnel et essai de charge. Indiquer pour chaque opération un point de contrôle pertinent.

3.4 (1 point) Décrire le protocole de validation du prototype : préparation, montage, application progressive de la charge jusqu'à 180 N, mesure de flèche, critères d'acceptation, consignation des résultats et décision de modification ou de validation. La charge d'essai est appliquée sur un montage sécurisé et ne doit pas exposer les personnes à une zone de pincement ou de rupture.

Partie 4 : Prévention, sécurité et revue collaborative (4 points)

Compétences mobilisées : C4 et C11

La préparation et les essais sont réalisés dans un atelier de fabrication disposant d'une découpe laser, d'une presse plieuse et d'un poste de contrôle. Appliquer les principes généraux de prévention et les consignes locales de l'entreprise. Toute intervention sur une machine est réservée aux personnes autorisées et formées.

Situations de travail à analyser

Situation	Danger ou dommage potentiel	Mesure de prévention à proposer
Manipulation des flans découpés	Coupure, arête vive, manutention	À proposer
Pliage à la presse	Écrasement ou pincement	À proposer
Essai de charge du prototype	Rupture ou projection	À proposer
Modification et validation de la maquette	Erreur de version ou perte d'information	À proposer

Base de l'analyse de risques du projet ; à compléter avec l'évaluation des risques de l'établissement.

4.1 (1,5 point) Compléter l'analyse des situations du tableau : identifier un dommage crédible pour chacune et proposer une mesure de prévention relevant en priorité de la suppression ou de la réduction du risque à la source, puis des protections collectives et des consignes adaptées.

4.2 (1 point) Décrire les dispositions de sécurité à appliquer lors de l'essai de charge : maintien de la pièce, éloignement des personnes, mise en place d'un écran ou d'un dispositif de retenue si nécessaire, montée progressive de la charge et arrêt en cas de déformation anormale ou de bruit suspect.

4.3 (1,5 point) Présenter une synthèse collective de la décision proposée, des résultats calculés, des incertitudes et des actions restant à mener. Expliquer comment le groupe valide la version de maquette numérique, conserve la justification des choix et traite un désaccord technique avant la revue finale.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SUPPORT DE CAPTEUR : GÉOMÉTRIE, INTERFACES ET MODÈLE MÉCANIQUE

Le support est modélisé pour une première vérification par une section rectangulaire de largeur b = 40 mm et d'épaisseur h = 6 mm, soumise à une force verticale F = 180 N appliquée à une distance L = 120 mm du plan d'encastrement. Pour le modèle simplifié, le moment maximal vaut $M = FL$, le moment quadratique vaut $I = bh^3/12$, le module de section vaut $W = I/(h/2)$, la contrainte nominale de flexion vaut $\sigma = M/W$ et la flèche en bout vaut $\delta = FL^3/(3EI)$. Utiliser E en N/mm² et les dimensions en mm. Le modèle ne prend pas en compte les concentrations de contraintes, le rayon de pliage, la souplesse des fixations, les jeux, les vibrations ni les effets de fatigue. Les interfaces de fixation de l'existant sont à reprendre depuis la maquette numérique validée par le projet ; aucune cote d'interface non fournie dans ce dossier ne doit être inventée.

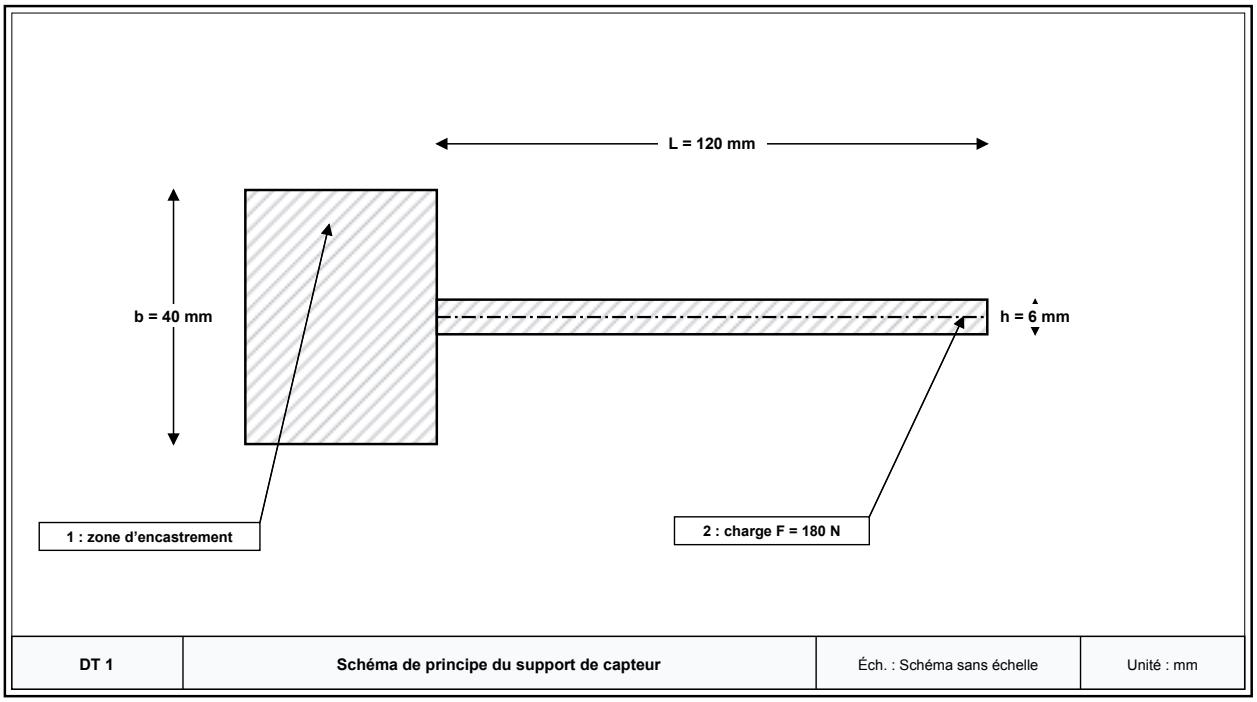


Schéma de calcul simplifié. Hachures symbolisées par la teinte métal ; géométrie fonctionnelle à vérifier sur la maquette validée.

DT 2 : CARACTÉRISTIQUES MATIÈRE, GÉOMÉTRIE DE DÉBIT ET DONNÉES ÉCONOMIQUES

Les valeurs ci-dessous sont les données de calcul communiquées par l'entreprise pour ce projet. Elles ne constituent pas une fiche de certification matière. La masse d'une pièce rectangulaire simplifiée se calcule par $m = \rho V$, avec $V = Lbh$, dimensions converties en mètres. Le coût matière consommé se calcule par $C = mp$, où p est le prix en €/kg. Pour la préparation du lot, la tôle mesure 2 000 mm × 1 000 mm ; une marge périphérique de 5 mm conduit à une surface utile de 1 990 mm × 990 mm. Le pas de nesting est de 185 mm × 85 mm, sans rotation du flan. Le rendement surfacique demandé est $\eta = NA_{flan}/A_{tôle} \times 100$. Les coûts de transformation, les pertes réelles et le traitement de surface doivent être demandés au fournisseur ou au service méthodes avant établissement d'un coût complet.

Propriétés et prix matière communiqués

Matériau	Masse volumique (kg/m³)	Module d'Young (MPa)	Limite d'élasticité nominale (MPa)	Prix indicatif (€/kg)
Acier S235	7 850	210 000	235	2,40
Aluminium 6082-T6	2 700	70 000	250	6,20

Données de comparaison simplifiées à confirmer dans les spécifications d'achat.

Données de fabrication et de coût

Donnée	Valeur
Flan rectangulaire simplifié	180 mm × 80 mm × 6 mm
Tôle commerciale	2 000 mm × 1 000 mm
Pas de nesting	185 mm × 85 mm
Vitesse moyenne de coupe laser	1,8 m/min
Périmètre de coupe par flan	520 mm
Quantité annuelle	40 pièces

Valeurs retenues pour les calculs de préparation du projet.

DT 3 : RÉFÉRENCES DE CONCEPTION, CONTRÔLE ET PRÉVENTION

Références à examiner selon le périmètre exact du projet et les exigences de l'entreprise : Directive 2006/42/CE relative aux machines, applicable en 2026 selon le calendrier réglementaire en vigueur ; règlement (UE) 2023/1230 relatif aux machines, dont l'application générale est prévue à compter du 20 janvier 2027 ; NF EN ISO 12100 pour les principes généraux de conception et l'appréciation du risque ; NF EN ISO 2768-1 uniquement si le plan définit une classe de tolérances générales et si son domaine d'application est pertinent. Ces références ne remplacent ni l'analyse de conformité de la machine complète ni la vérification des éditions applicables au contrat. Les opérations doivent également respecter les dispositions applicables du Code du travail en matière de prévention des risques professionnels, d'utilisation des équipements de travail, de formation et de consignes du site. Toute intervention sur presse plieuse ou découpe laser est réalisée par une personne autorisée, selon les instructions du constructeur et les procédures de l'établissement.

Références et application au projet

Référence	Objet utile au projet	Application ou limite
Directive 2006/42/CE	Cadre machines applicable en 2026 selon le calendrier réglementaire	Évaluer la conformité au niveau de la machine complète et du responsable de mise sur le marché
Règlement (UE) 2023/1230	Texte européen relatif aux machines	Application générale prévue à compter du 20 janvier 2027 ; vérifier la situation réglementaire du projet
NF EN ISO 12100	Principes de conception et démarche d'appréciation du risque	Appliquer au périmètre pertinent ; traiter les risques liés à l'intégration du support
NF EN ISO 2768-1	Tolérances générales dimensionnelles et angulaires	À spécifier au plan lorsque son usage est approprié ; ne remplace pas les tolérances fonctionnelles
Code du travail et consignes du site	Prévention des risques et utilisation des équipements de travail	Respecter l'évaluation des risques, les habilitations, la formation et les procédures locales

Repères documentaires à vérifier et à tracer dans le dossier de conception.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à joindre au dossier de projet : comparaison des solutions

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter le tableau à partir des données des DT et des calculs réalisés. Les valeurs non disponibles doivent être identifiées comme à obtenir, sans être supposées. Ajouter une justification courte pour la recommandation et préciser les validations nécessaires.

Matrice de comparaison produit, matériau, procédé et coût

Critère	Référence : aluminium usiné	Variante : acier découpé et plié	Justification ou action de validation
Matériau et caractéristiques utiles	.....	.....	.....
Procédé et nombre d'opérations	.....	.....	.....
Masse estimée	.....	.....	.....
Coût matière consommé	.....	.....	.....
Rigidité et contrainte	.....	.....	.....
Délai, quantité et risques industriels	.....	.....	.....
Décision proposée et validations restantes	.....	.....	.....

Tableau de synthèse individuel ou collectif à intégrer au dossier numérique.

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à joindre au dossier de projet : feuille de débit et gamme simplifiée

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter la feuille pour un lot de 40 supports. Indiquer les calculs de nesting et de temps de coupe, puis proposer l'ordre opératoire et les contrôles associés. Toute valeur nécessitant une confirmation de l'atelier ou du fournisseur doit être repérée comme telle.

Feuille de débit et protocole de fabrication

Étape ou donnée	Résultat ou moyen proposé	Contrôle associé	Responsable ou validation
Nombre de flans par tôle selon le pas imposé	.....	Vérifier le plan de nesting	.....
Rendement surfacique théorique	.....	Recalculer à partir des surfaces indiquées	.....
Découpe laser : temps théorique par flan	.....	Comparer à un relevé atelier	.....
Opération 1 : préparation et découpe	.....	Contrôle du flan et des arêtes	.....
Opération 2 : pliage	.....	Contrôle angle, position et absence de fissure	.....
Opération 3 : contrôle dimensionnel et montage	.....	Vérifier interfaces sur la maquette ou le montage de référence	.....
Opération 4 : essai de charge jusqu'à 180 N	.....	Mesure de flèche, limite d'acceptation : 1,0 mm	.....
Traçabilité de la version de maquette et décision	.....	Enregistrer révision, résultats et décision de revue	.....

Les cases comportant « ... » sont à renseigner 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.