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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS CPDE, veuillez visiter :
btscpde.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION DES PROCESSUS DE DÉCOUPE ET D'EMBOUTISSAGE

ÉPREUVE E5 : CONCEPTION ET QUALIFICATION DES PROCESSUS ET MOYENS DE PRODUCTION

SESSION 2026

Durée : 4 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
CONCEPTION DES PROCESSUS DE DÉCOUPE ET D'EMBOUTISSAGE	8

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 DT 1 à DT 3 et documents réponse DR 1 et DR 2 fournis avec le sujet. Règles d'organisation et consignes de sécurité du centre d'évaluation applicables.

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

Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : ATELIERS MÉTAL LOIRE, SAINT-ÉTIENNE (LOIRE)

Les Ateliers Métal Loire doivent industrialiser un support de fixation en acier destiné à un équipement électrique. Le produit est obtenu à partir d'une tôle découpée, percée puis pliée. Le responsable méthodes vous confie la préparation du processus sur presse à partir du dossier technique joint, ainsi que l'analyse d'une première série de qualification.

Cahier des charges : matière DC01, épaisseur 1,50 mm ; quantité annuelle 30 000 pièces ; géométrie et tolérances selon le DT 1 ; cadence nominale visée au moins égale à 45 pièces conformes par minute ; presse disponible de 250 kN ; objectif de rebut en qualification inférieur ou égal à 2 %. La pièce doit être ébavurée, sans fissure visible au pli et sans bavure susceptible de gêner le montage.

Le barème des sections totalise 20 points. La durée indiquée est celle de la situation d'évaluation décrite ici. L'épreuve E5 relève d'une évaluation en contrôle en cours de formation ; l'organisation de la situation et ses consignes pratiques sont définies par le centre d'évaluation.

Les extraits réglementaires et normes cités dans le dossier constituent les références à mobiliser pour cette étude. Les réponses doivent être justifiées par des calculs, des éléments du dossier ou des choix de procédé cohérents.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (4 points)

Interprétation du besoin, des exigences produit et du cadre de fabrication

À partir du cahier des charges et du DT 1, caractérisez la fonction de la pièce et les exigences qui conditionnent sa fabrication. Vous pouvez consigner votre synthèse dans le DR 1.

1.1 (1,5 point) Relevez la fonction principale du support et indiquez trois exigences produit ou production à vérifier avant le lancement de la fabrication. Pour chaque exigence, précisez le moyen de vérification adapté.

1.2 (1,5 point) Proposez une succession cohérente des opérations nécessaires pour obtenir la pièce à partir de la bande. Distinguez les opérations de découpe, de mise en forme et de contrôle.

1.3 (1 point) À l'aide du DT 2, citez une référence applicable à la matière et une référence pertinente pour la sécurité de la presse. Précisez, pour chacune, le point du processus auquel elle se rapporte.

PARTIE 2 : Étude technologique et dimensionnement (7 points)

Dimensionnement préliminaire de l'outil, implantation sur bande et coût matière

Les opérations de poinçonnage et de détourage sont réalisées dans un outil progressif. Les données géométriques, matière et presse sont fournies dans les DT 1 et DT 2. Les résultats numériques seront donnés avec leurs unités et un arrondi justifié.

Données de calcul de découpe

Grandeur	Symbole	Valeur
Épaisseur de tôle	e	1,50 mm
Résistance au cisaillement conventionnelle	τ	280 N/mm²
Longueur totale cisaillée par pièce	L	À déterminer à la question 2.1
Coefficient de majoration de l'effort	k	1,20

Valeurs de calcul à utiliser pour cette étude, fournies au DT 2.

2.1 (2 points) Calculez la longueur totale cisaillée pour une pièce, en prenant le périmètre extérieur rectangulaire de 90 mm × 40 mm et les deux perçages de diamètre 6 mm. Calculez ensuite l'effort de découpe nominal avec $F_d = L \times e \times \tau$. Présentez le détail des calculs en newtons puis en kilonewtons.

2.2 (1,5 point) Déterminez l'effort de découpe majoré avec $F_m = k \times F_d$. La presse disponible développe 250 kN au point mort bas. Concluez sur son adéquation à l'effort calculé et indiquez une vérification complémentaire nécessaire avant validation définitive de l'outil.

2.3 (2 points) La bande a une largeur de 46 mm et le pas de progression est de 94 mm. En considérant la surface utile de la pièce égale à la surface du rectangle de 90 mm × 40 mm diminuée de la surface des deux trous de diamètre 6 mm, calculez le taux d'utilisation matière $\eta = \frac{S_{utile}}{p \times l_b} \times 100$. Indiquez une source principale de chute et une amélioration géométrique possible de l'imbrication.

2.4 (1,5 point) À partir de la masse volumique et du prix matière indiqués au DT 2, calculez la masse de bande consommée par pièce selon le pas et la largeur de bande, puis le coût matière correspondant. Utilisez $m = p \times l_b \times e \times \rho$ et $C = m \times P_m$. Donnez les résultats en kilogrammes et en euros par pièce.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et qualification (6 points)

Établissement du processus opératoire, contrôle et analyse des premiers résultats

Complétez le DR 1 pour formaliser la gamme proposée. Exploitez ensuite les résultats de la série d'essai du DT 3 et reportez votre diagnostic dans le DR 2. La cote de longueur contrôlée est de 90,00 ± 0,20 mm ; l'angle de pliage requis est de 90° ± 1°.

Résultats de la série d'essai

N° pièce	Longueur hors tout (mm)	Angle après pliage (°)
1	90,08	92
2	90,12	92
3	89,96	91
4	90,18	93
5	90,10	92

Mesures réalisées sur cinq pièces consécutives, après réglage initial.

3.1 (2 points) Complétez le DR 1 en proposant une gamme progressive comportant au minimum : alimentation et guidage de bande, poinçonnage des deux trous, pliage, détourage et évacuation de la pièce. Pour chaque opération, indiquez un contrôle ou une vérification de mise au point adapté.

3.2 (2,5 points) Calculez la moyenne et l'étendue des cinq mesures d'angle. Vérifiez la conformité des cinq longueurs à la tolérance indiquée et concluez sur la conformité de la série pour les deux caractéristiques. La seule comparaison aux tolérances ne permet pas de déclarer une capabilité statistique : précisez pourquoi.

3.3 (1,5 point) Proposez une action de réglage prioritaire pour corriger l'angle moyen observé, puis décrivez un protocole de confirmation comprenant au minimum un contrôle après réglage, un critère d'acceptation et la traçabilité des résultats.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (3 points)

Maîtrise des risques liés au réglage et à la production sur presse

Le changement d'outil et les essais de mise au point exposent les opérateurs à des risques mécaniques et à des risques liés à la manutention. Appuyez-vous sur le DT 3 et sur les principes généraux de prévention du Code du travail.

4.1 (1,5 point) Identifiez deux situations dangereuses liées au chargement ou au réglage de l'outil. Pour chacune, indiquez le dommage possible et une mesure de prévention adaptée.

4.2 (1,5 point) Établissez un ordre de priorité pour trois mesures de prévention avant le premier coup de presse : mise en sécurité lors de l'intervention, vérification des protecteurs et essais à vitesse réduite. Justifiez l'ordre retenu et indiquez les équipements de protection individuelle utiles, sans les substituer aux protections collectives.

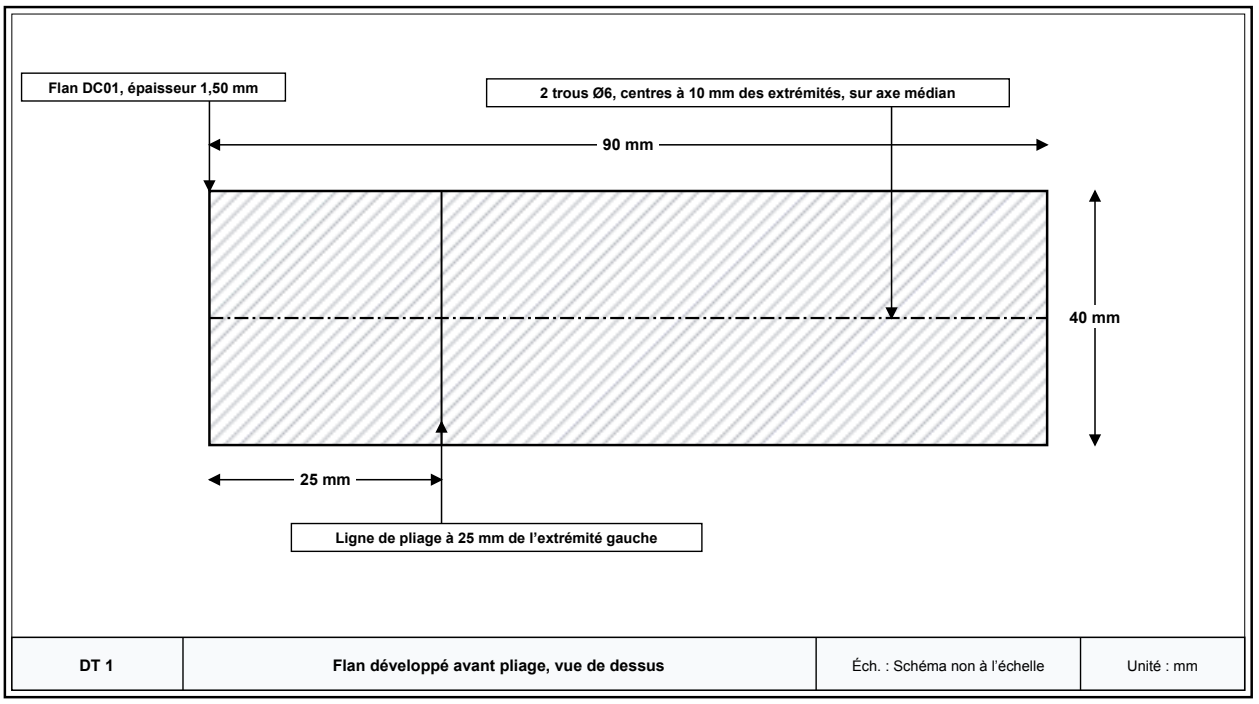
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : DÉFINITION DU SUPPORT ET GÉOMÉTRIE DE LA PIÈCE

Produit : support de fixation en tôle pliée. La pièce est issue d'un flan rectangulaire de 90 mm × 40 mm, épaisseur 1,50 mm. Deux trous traversants de diamètre 6 mm sont disposés sur l'axe médian de la largeur, leurs centres étant à 10 mm de chaque extrémité du flan. Une ligne de pliage est située à 25 mm d'une extrémité. Le pli est réalisé sur toute la largeur de 40 mm, à 90° nominal. Les cotes 90 mm et 40 mm désignent le flan développé avant pliage ; le rayon intérieur nominal de pliage est de 2 mm.

Exigences produit : longueur hors tout après pliage 90,00 ± 0,20 mm ; angle après retour élastique 90° ± 1° ; diamètre des trous 6,00 ± 0,10 mm ; absence de fissure visible au pli ; bavure maximale 0,10 mm sur les arêtes fonctionnelles. Le plan de définition du produit prévaut en cas de contradiction avec une représentation schématique.



DT 2 : DONNÉES MATIÈRE, PROCÉDÉ, PRESSE ET RÉFÉRENCES APPLICABLES

Matière : acier DC01 pour formage à froid, suivant NF EN 10130. Pour le calcul préliminaire de découpe, utiliser une résistance conventionnelle au cisaillement $\tau = 280\,\mathrm{N/mm^2}$. Résistance à la traction indicative $R_m = 330\,\mathrm{N/mm^2}$. Masse volumique $\rho = 7,85 \times 10^{-6}\,\mathrm{kg/mm^3}$. Prix d'achat de la tôle : $P_m = 1,35\,€/\mathrm{kg}$.

Données de bande : largeur de bande $l_b = 46\,\mathrm{mm}$, pas $p = 94\,\mathrm{mm}$, épaisseur $e = 1,50\,\mathrm{mm}$. Le pas comprend un pont de matière de 4 mm entre deux flans successifs. Pour le calcul de surface utile, retrancher les deux trous du rectangle développé.

Presse : presse mécanique de capacité nominale 250 kN au point mort bas ; cadence réglable de 20 à 60 coups/min ; alimentation automatique de bande ; protection par enceinte avec interverrouillage. Le nombre de pièces produites par coup est unitaire après stabilisation du processus. La capacité nominale ne dispense pas de vérifier l'effort total des opérations simultanées, l'énergie disponible, le centre de poussée, la hauteur de fermeture et l'encombrement de l'outil.

Références à mobiliser : NF EN 10130 pour les produits plats laminés à froid en acier doux destinés au formage à froid ; NF EN ISO 12100 pour l'appréciation et la réduction des risques des machines ; NF EN ISO 16092-1 et NF EN ISO 16092-2 pour les exigences de sécurité des presses. Le Code du travail, notamment les dispositions relatives à l'utilisation des équipements de travail et à la prévention des risques, s'applique au poste. Les références sont à appliquer selon leur domaine et l'évaluation des risques du site.

Synthèse des paramètres de production

Paramètre	Valeur	Unité ou observation
Épaisseur de bande	1,50	mm
Résistance conventionnelle au cisaillement	280	N/mm²
Largeur de bande	46	mm
Pas de progression	94	mm
Coefficient de majoration d'effort	1,20	Sans unité
Masse volumique	$7{,}85 \times 10^{-6}$	kg/mm³
Prix matière	1,35	€/kg
Capacité presse au point mort bas	250	kN

Valeurs imposées pour les calculs de cette situation.

DT 3 : RÉSULTATS DE QUALIFICATION ET CONSIGNES DE PRÉVENTION

Contrôle de première série : cinq pièces consécutives ont été mesurées après réglage initial. Les résultats de longueur et d'angle figurent dans le tableau de la partie 3. Les instruments disponibles sont un pied à coulisse de résolution 0,01 mm, un rapporteur d'angle de résolution 0,5° et un moyen de contrôle du diamètre des trous adapté à la tolérance indiquée. Les instruments doivent être identifiés et en état de validité métrologique.

Consignes de sécurité du site : toute intervention dans la zone dangereuse impose l'arrêt de la presse, la consignation des énergies selon la procédure du site et la vérification de l'absence d'énergie dangereuse. Les protecteurs et interverrouillages ne doivent jamais être neutralisés. Les essais sont conduits par du personnel autorisé, zone dégagée, en mode réglage prévu par le constructeur et à vitesse réduite lorsque cette modalité est disponible. Le levage et le maintien de l'outil sont réalisés avec des accessoires adaptés et vérifiés. Lunettes de protection et chaussures de sécurité sont requises dans l'atelier ; les gants ne sont utilisés que lorsque la tâche et l'analyse de risque le permettent, notamment hors proximité d'éléments en mouvement.

Rappel méthode : une moyenne et une étendue calculées sur cinq pièces permettent un premier diagnostic, mais ne suffisent pas à établir une capabilité statistique du processus. Une qualification doit également démontrer la répétabilité du résultat, la conformité des caractéristiques produit, la maîtrise des réglages et la traçabilité des conditions d'essai.

Contrôles à réaliser lors de la qualification

Caractéristique	Exigence	Moyen de contrôle	Moment du contrôle
Longueur hors tout	90,00 ± 0,20 mm	Pied à coulisse	Après réglage et au lancement
Angle après pliage	90° ± 1°	Rapporteur d'angle	Après pliage et stabilisation
Diamètre des trous	6,00 ± 0,10 mm	Moyen adapté au diamètre	Contrôle de première pièce puis périodique
Fissure et bavure	Aucune fissure visible ; bavure ≤ 0,10 mm	Examen visuel et contrôle adapté	Première pièce et surveillance en production

Plan de contrôle minimal à compléter et à adapter au plan de définition.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Synthèse fonctionnelle et gamme opératoire — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases signalées par « ... ». Indiquer les unités, les contrôles et les références mobilisées. Ce document est à rendre avec la copie.

Analyse des exigences et proposition de gamme

Repère	Élément à compléter	Réponse du candidat
A	Fonction principale du support	.....
B	Exigence produit et moyen de vérification n° 1	.....
C	Exigence produit et moyen de vérification n° 2	.....
D	Exigence production et moyen de vérification	.....
1	Alimentation et guidage de la bande : opération et vérification	.....
2	Poinçonnage des deux trous : opération et vérification	.....
3	Pliage : opération et vérification	.....
4	Détourage, séparation et évacuation : opération et vérification	.....
E	Référence matière et application au processus	.....
F	Référence sécurité et application au poste	.....

Réponses aux questions 1.1, 1.2, 1.3 et 3.1.

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Diagnostic de qualification et plan d'action — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement le tableau à partir des résultats du DT 3. Justifier la décision de conformité et consigner l'action proposée. Ce document est à rendre avec la copie.

Résultats de calcul et décision de qualification

Élément	Résultat ou décision
Moyenne des angles mesurés	.....
Étendue des angles mesurés	.....
Conformité de la caractéristique angle	.....
Conformité des longueurs mesurées	.....
Conclusion sur la conformité de la série	.....
Pourquoi cinq pièces ne suffisent pas à établir une capabilité	.....
Réglage prioritaire proposé	.....
Contrôle et critère d'acceptation après réglage	.....
Éléments de traçabilité à enregistrer	.....

Réponses aux questions 3.2 et 3.3.

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.