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 ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

ÉPREUVE E5 : CONCEPTION D'UN ENSEMBLE CHAUDRONNÉ ET DE SA RÉALISATION

SESSION 2026

Durée : 45 minutes

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE	8

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Le candidat présente les documents de son projet et utilise les documents techniques fournis. Aucun document personnel sans lien avec le projet n'est autorisé.

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

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CADRE DE L'ÉPREUVE ORALE : ATELIERS DU VAL DE LOIRE, SITE DE FABRICATION DE SAINT-PIERRE-DES-CORPS, INDRE-ET-LOIRE

L'épreuve E5 est une épreuve ponctuelle orale de 45 minutes, coefficient 8. Elle porte sur la conception d'un ensemble chaudronné et sur les choix retenus pour sa réalisation, à partir du projet et des documents techniques présentés par le candidat. Le référentiel définit les compétences évaluées, et non un sujet écrit national uniforme en quatre parties. Les axes ci-dessous structurent le support d'évaluation et son barème indicatif sur 20.

Pour le cas technique proposé, les Ateliers du Val de Loire étudient un bac ouvert de récupération d'eaux de rinçage, destiné à une ligne de lavage d'équipements. Le bac doit être fabriqué en acier inoxydable, être vidangeable et permettre un nettoyage visuel. L'extrait de cahier des charges et les données des documents DT sont les seules données nécessaires aux calculs demandés.

Caractéristiques fonctionnelles du bac : encombrement extérieur nominal de 1 200 mm × 800 mm × 600 mm, bac ouvert sans couvercle, hauteur maximale de liquide de 500 mm, pose sur quatre pieds réglables fournis par l'atelier, vidange par un piquage DN 40 situé dans le fond. Le dimensionnement des pieds et du piquage n'est pas demandé. Le bac est ventilé à l'atmosphère et ne constitue pas un équipement sous pression.

Les quatre axes du support sont notés sur 20 : analyse fonctionnelle et réglementaire, 5 points ; étude technologique et calculs, 6 points ; préparation de fabrication et contrôle, 5 points ; prévention et sécurité, 4 points. Le candidat justifie ses choix, explicite les hypothèses et distingue les données du cahier des charges de ses propositions de conception.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (5 points)

Traduire le besoin, identifier les contraintes et cadrer les exigences applicables

Le bac recueille des eaux de rinçage à température ambiante. Le niveau maximal d'exploitation est de 500 mm sous le bord supérieur. Le bac est ouvert, implanté en atelier et exploité à pression atmosphérique. L'eau est évacuée par un piquage de vidange DN 40. La fonction attendue est de recueillir le liquide sans fuite en fonctionnement normal et de permettre l'inspection et le nettoyage.

Extrait du cahier des charges fonctionnel

Fonction ou contrainte	Exigence chiffrée ou donnée	Critère de vérification
Recueillir les eaux de rinçage	Niveau maximal de liquide : 500 mm	Absence de fuite lors de l'essai prévu
Encombrement extérieur	1 200 mm × 800 mm × 600 mm	Contrôle dimensionnel
Résister au milieu	Eau de rinçage à température ambiante	Matériau inoxydable retenu et justifié
Permettre l'inspection	Bac ouvert, accès visuel intérieur	Inspection visuelle après fabrication
Permettre la vidange	Piquage DN 40 au fond, orientation à définir	Contrôle de la position et de la continuité de l'assemblage

Données de conception à prendre en compte pour le cas proposé.

1.1 (2 points) À partir du cahier des charges, énoncez la fonction principale du bac et deux fonctions ou contraintes complémentaires. Pour chacune, proposez un critère de vérification mesurable ou observable, en cohérence avec les données fournies.

1.2 (1,5 point) Justifiez le choix d'un bac ouvert et ventilé à l'atmosphère au regard de son usage. Indiquez pourquoi les données du cas ne conduisent pas à le traiter comme un équipement sous pression, sans étendre cette conclusion à une autre conception ou à un autre usage.

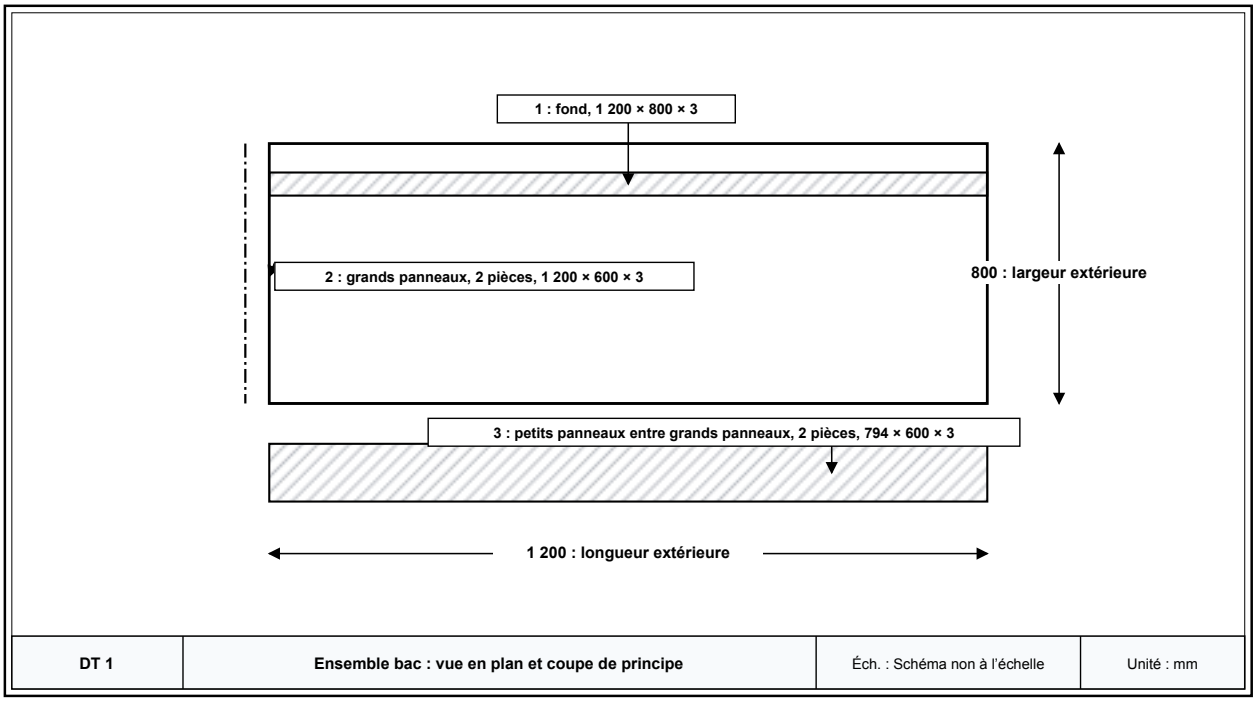
1.3 (1,5 point) Présentez les exigences de fabrication, de soudage, de tolérancement et de prévention à retenir à partir du DT 2. Distinguez une norme de produit ou de matériau d'une norme de qualification ou d'exécution du soudage. Complétez la partie correspondante du DR 2.

PARTIE 2 : Étude technologique, matériau et calculs (6 points)

Justifier une solution de conception et établir un métré de fabrication

La solution de référence est constituée d'un fond et de quatre panneaux verticaux en acier inoxydable 1.4307. Les deux grands panneaux sont placés à l'extérieur des petits panneaux. Les panneaux sont soudés au fond et entre eux. L'épaisseur nominale des tôles est de 3 mm. Pour les estimations de masse, utiliser une masse volumique de 8 000 kg/m³. Pour le calcul de pression hydrostatique, utiliser la masse volumique de l'eau de 1 000 kg/m³ et l'accélération de la pesanteur de 9,81 m/s².

Les dimensions des pièces de débit et les données économiques et de découpe figurent dans le DT 1 et le DT 3. Les calculs demandés sont des estimations de débit et de coût matière ; ils ne constituent pas une justification de résistance complète de l'ouvrage.



Les dimensions écrites prévalent sur les proportions du schéma. Les petits panneaux sont disposés entre les grands panneaux.

Cotes de débit et données de calcul

Repère	Désignation	Quantité	Longueur × largeur × épaisseur
1	Fond	1	1 200 × 800 × 3
2	Grand panneau	2	1 200 × 600 × 3
3	Petit panneau entre grands panneaux	2	794 × 600 × 3
Tôle commerciale	Format de stock	À déterminer	2 000 × 1 000 × 3
Matière	Acier inoxydable	Densité de calcul	1.4307, 8 000 kg/m³
Prix matière	Tôle commerciale	Prix d'achat	7,20 €/kg
Découpe plasma	Vitesse de coupe retenue	Départ par contour	1,20 m/min ; 3 s par amorçage

Dimensions en millimètres, épaisseurs nominales. Le trait de scie n'est pas retranché des dimensions finies des pièces.

2.1 (2 points) Calculez le volume intérieur utile jusqu'au niveau maximal de liquide et la pression hydrostatique au fond à ce niveau. Utilisez les dimensions intérieures approchées : longueur 1,194 m, largeur 0,794 m et hauteur de liquide 0,500 m. Présentez les formules, les unités et les résultats. On utilisera $V = L \times l \times h$ et $p = \rho g h$.

2.2 (2 points) Établissez la surface totale des cinq pièces de débit, puis estimez leur masse théorique. Calculez ensuite le nombre de tôles commerciales de 2 000 mm × 1 000 mm nécessaires selon le plan de débit décrit au DT 3. Déterminez le rendement matière et la masse de chute théorique. Utilisez $m = S e \rho$, $R_m = S_{pièces} / S_{achetée} \times 100$ et $m_{chute} = m_{achetée} - m_{pièces}$. Reportez vos résultats au DR 1.

2.3 (2 points) À partir du nombre de tôles commerciales déterminé, calculez le coût matière acheté. Établissez le périmètre total des cinq contours à découper, puis estimez le temps de coupe en ajoutant un amorçage de 3 s par contour. Utilisez $t = L/v + nt_a$, avec une vitesse de coupe de 1,20 m/min et cinq amorçages. Indiquez au moins une limite de ces estimations. Complétez le DR 1.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et contrôle (5 points)

Construire un processus opératoire cohérent et définir les contrôles

La fabrication est réalisée dans un atelier de chaudronnerie équipé d'une table de découpe plasma, d'un poste TIG avec gaz de protection adapté à l'inox, d'outillage de bridage et d'instruments de contrôle dimensionnel. Les exigences de préparation, de maîtrise des contaminations et de vérification des soudures sont données dans le DT 2. Le candidat peut proposer une séquence différente si elle est techniquement justifiée.

Données de fabrication et de contrôle

Opération ou contrôle	Donnée imposée	Résultat attendu
Préparation des tôles inox	Outillage propre, réservé ou nettoyé pour l'inox	Absence de contamination par acier carbone
Assemblage	Pointage symétrique et bridage adapté	Maintien des dimensions et limitation des déformations
Soudage	Procédé TIG et mode opératoire qualifié ou validé selon le cadre applicable	Soudures continues aux jonctions fond-panneaux et panneaux entre eux
Contrôle dimensionnel	Dimensions nominales : 1 200 × 800 × 600 mm	Mesure et enregistrement des dimensions retenues au plan
Contrôle d'étanchéité	Remplissage d'eau jusqu'à 500 mm, maintien 30 min	Aucune fuite visible pendant et après le maintien

Les paramètres chiffrés ci-dessous sont les données de base du cas.

3.1 (2 points) Proposez une gamme de fabrication ordonnée, depuis la réception de la matière jusqu'au contrôle final. Faites apparaître le débit, l'ébavurage, la préparation des assemblages, le pointage, le soudage, le nettoyage et le contrôle d'étanchéité. Pour chaque étape, indiquez un moyen ou une précaution pertinente.

3.2 (2 points) Proposez une stratégie de pointage et de soudage permettant de limiter les déformations du fond et des parois. Identifiez les assemblages à souder en continu pour satisfaire au critère d'absence de fuite et précisez les contrôles visuels à réaliser avant l'essai d'étanchéité.

3.3 (1 point) Expliquez comment vous consignez le résultat de l'essai d'étanchéité décrit dans le tableau. Indiquez les informations minimales à enregistrer pour assurer la traçabilité de l'essai.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (4 points)

Analyser les risques de fabrication et proposer des mesures de prévention

Les opérations considérées sont la manutention des tôles, la découpe plasma, le soudage TIG, le meulage ou l'ébavurage et l'essai de remplissage. Les principes généraux de prévention du Code du travail s'appliquent. Les équipements de protection individuelle complètent les protections collectives et l'organisation du travail, sans s'y substituer.

Situations dangereuses à examiner

Opération	Danger ou dommage possible	Exemple de mesure à examiner
Manutention de tôles	Écrasement, coupure, effort excessif	Moyen de levage adapté, prise sécurisée, zone balisée
Découpe plasma	Rayonnements, projections, fumées, bruit	Écran adapté, captage, protection auditive et oculaire
Soudage TIG	Rayonnements, brûlures, fumées, risque électrique	Écran de soudage, captage, équipements adaptés, vérification du poste
Meulage et ébavurage	Projections, coupures, bruit	Écran ou lunettes adaptés, pièce bridée, outil vérifié
Essai de remplissage	Débordement, sol glissant, manutention du liquide	Zone maîtrisée, évacuation de l'eau, accès dégagé

L'analyse doit associer chaque risque à des mesures adaptées à l'opération.

4.1 (2 points) Choisissez trois opérations du tableau et présentez, pour chacune, un risque principal et deux mesures de prévention cohérentes. Au moins une mesure doit relever d'une protection collective ou de l'organisation du travail.

4.2 (2 points) Décrivez les dispositions à prendre pour organiser la manutention des panneaux et l'essai de remplissage en sécurité. Citez les vérifications préalables utiles et expliquez comment éviter la mise en danger des personnes pendant ces opérations.

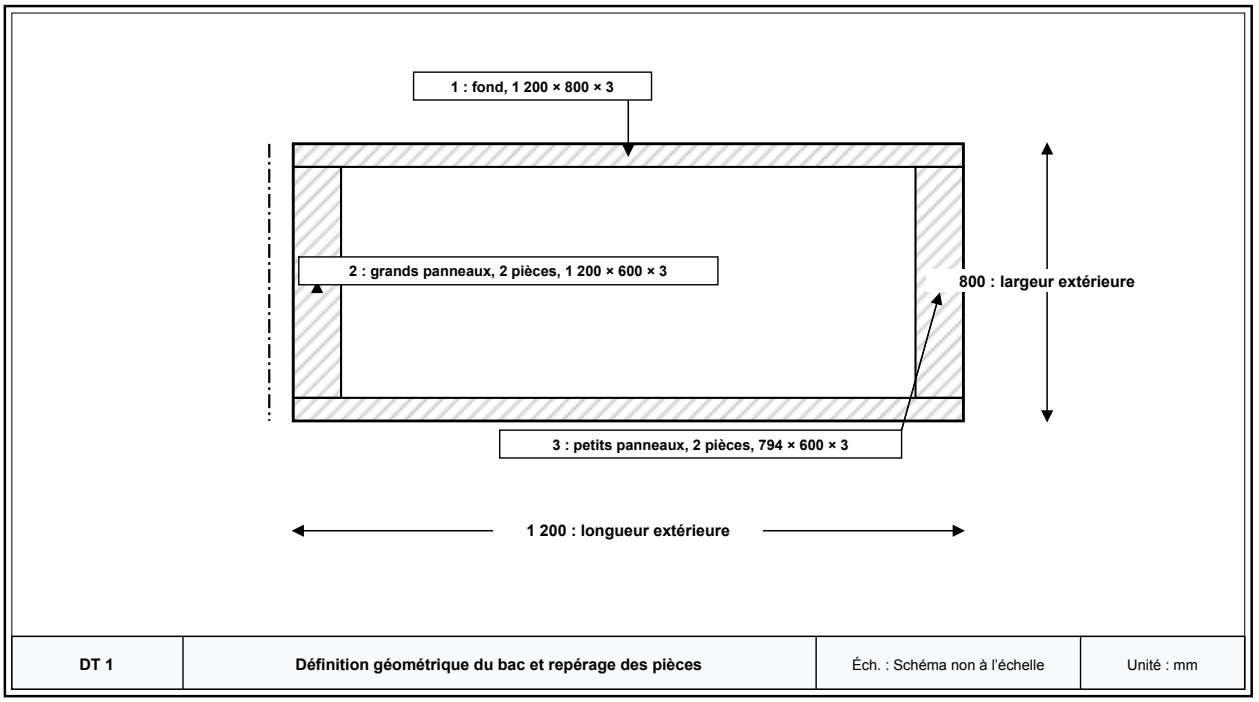
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : GÉOMÉTRIE DE L'ENSEMBLE ET DONNÉES DE DÉBIT

Le bac comporte un fond de 1 200 mm × 800 mm, deux grands panneaux de 1 200 mm × 600 mm et deux petits panneaux de 794 mm × 600 mm. L'épaisseur nominale de toutes les pièces est de 3 mm. Les petits panneaux sont montés entre les grands panneaux ; leur largeur de débit est donc égale à la largeur extérieure moins deux fois l'épaisseur des grands panneaux : $800 - 2 \times 3 = 794$ mm.

Pour le calcul de la pression hydrostatique, le niveau maximal est de 500 mm et le bac est à l'atmosphère. Pour l'estimation de volume utile, employer les dimensions intérieures approchées indiquées dans la question 2.1. La masse volumique de calcul des tôles est de 8 000 kg/m³. Aucun coefficient de sécurité ni calcul de résistance complet n'est fourni ou demandé : la pression hydrostatique seule ne permet pas de conclure à la résistance structurale de la construction.



Repère 1 : fond ; repère 2 : deux grands panneaux ; repère 3 : deux petits panneaux montés entre les grands panneaux.

Données numériques pour les calculs

Grandeur	Valeur	Unité
Masse volumique de l'acier inoxydable de calcul	8 000	kg/m³
Masse volumique de l'eau	1 000	kg/m³
Accélération de la pesanteur	9,81	m/s²
Hauteur maximale de liquide	500	mm
Dimensions intérieures approchées pour le volume	1 194 × 794 × 500	mm
Épaisseur nominale	3	mm

Valeurs à utiliser dans les calculs du sujet.

DT 2 : MATÉRIAU, SOUDAGE, TOLÉRANCES ET CADRE RÉGLEMENTAIRE

Matériau retenu pour l'étude : acier inoxydable austénitique 1.4307, désignation courante X2CrNi18-9, sous forme de tôles. La désignation et les caractéristiques d'approvisionnement sont à vérifier sur le certificat matière et la commande. Les normes citées ci-dessous servent de références techniques à considérer dans leur édition applicable au marché et au procédé ; elles ne remplacent ni l'analyse du cahier des charges ni la vérification des textes réglementaires applicables.

Références à examiner : EN 10088-2 pour les conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier inoxydable ; NF EN ISO 15614-1 pour la qualification des modes opératoires de soudage par essai ; NF EN ISO 9606-1 pour la qualification des soudeurs en soudage par fusion des aciers ; NF EN ISO 5817 pour les niveaux de qualité des imperfections des assemblages soudés par fusion ; NF EN ISO 13920 pour les tolérances générales des constructions soudées, lorsque le plan ou le contrat y fait référence ; NF EN ISO 2553 pour la représentation symbolique des soudures sur les plans.

Le bac décrit est ouvert et ventilé à l'atmosphère. Il n'est pas conçu pour fonctionner sous pression. Toute modification de conception, de service ou de conditions d'exploitation impose une nouvelle analyse réglementaire et technique. Pour la prévention, appliquer les principes généraux du Code du travail, notamment l'évaluation des risques et la mise en œuvre des principes généraux de prévention. Les références de prévention pertinentes incluent notamment les articles L. 4121-1 et suivants et les dispositions applicables aux équipements de travail et aux équipements de protection individuelle.

Repères techniques et champ d'application

Référence	Domaine concerné	Application au cas
EN 10088-2	Conditions techniques de livraison des tôles et bandes inoxydables	Vérifier la nuance, l'état de livraison et les documents matière
NF EN ISO 15614-1	Qualification d'un mode opératoire de soudage	Vérifier que le mode opératoire retenu couvre les conditions de fabrication
NF EN ISO 9606-1	Qualification des soudeurs en soudage par fusion des aciers	Vérifier l'adéquation de la qualification aux travaux confiés
NF EN ISO 5817	Niveaux de qualité des imperfections de soudage	Le niveau d'acceptation doit être défini par le plan ou le contrat
NF EN ISO 13920	Tolérances générales pour constructions soudées	À appliquer si le plan ou le contrat y fait référence
NF EN ISO 2553	Symboles de soudage sur les plans	Permet de communiquer la nature et la localisation des assemblages
Code du travail, L. 4121-1 et suivants	Prévention des risques professionnels	Évaluer les risques et mettre en œuvre les mesures de prévention

Références à sélectionner et appliquer selon le contrat, le plan, le procédé et la réglementation en vigueur.

DT 3 : PLAN DE DÉBIT, COÛT MATIÈRE ET PARAMÈTRES DE DÉCOUPE

Les tôles commerciales disponibles mesurent 2 000 mm × 1 000 mm × 3 mm. Pour l'estimation du besoin matière, retenir un plan de débit sur trois tôles : une tôle pour le fond ; une tôle pour un grand panneau et un petit panneau ; une troisième tôle pour le second grand panneau et le second petit panneau. Sur chacune des deux dernières tôles, les pièces de 1 200 mm × 600 mm et de 794 mm × 600 mm sont placées côte à côte dans le sens de la largeur : leur largeur cumulée avec un intervalle de 5 mm est de 1 999 mm. Ce plan ne comprend pas de réserve de fabrication supplémentaire.

Le prix d'achat est de 7,20 €/kg. Pour les calculs de découpe, considérer cinq contours fermés, un par pièce. La longueur de coupe est la somme des périmètres des pièces : $L = 2(1200 + 800) + 2 \times 2(1200 + 600) + 2 \times 2(794 + 600)$ mm. La vitesse de coupe retenue pour l'estimation est de 1,20 m/min. Chaque contour nécessite un amorçage de 3 s. Ne pas intégrer dans le temps calculé les manutentions, les déplacements hors contour, les réglages, les pauses ni les opérations de finition.

Hypothèses du plan de débit et de l’estimation de coupe

Paramètre	Valeur retenue	Observation
Format d’une tôle commerciale	2 000 × 1 000 × 3 mm	Acier inoxydable 1.4307
Nombre de tôles selon le plan proposé	3	Une pour le fond, deux pour les panneaux
Intervalle entre pièces sur le plan proposé	5 mm	Deuxième et troisième tôles
Prix matière	7,20 €/kg	Prix au kilogramme acheté
Vitesse de coupe	1,20 m/min	Valeur simplifiée de calcul
Amorçage	3 s par contour	Cinq contours au total
Trait de coupe et pertes	Non déduits des cotes de pièces	À citer comme limite de l’estimation

Les hypothèses sont imposées pour rendre les calculs comparables.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Feuille de métré, débit et estimations : questions 2.2 et 2.3 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement le tableau. Présenter les calculs et les unités dans la copie. Les résultats peuvent être arrondis à 0,01 kg, 0,01 m², 0,1 % et 0,01 €.

Métré et calculs de fabrication à compléter par le candidat

Grandeur recherchée	Calcul ou justification	Résultat
Surface totale des cinq pièces de débit	.....	... m²
Masse théorique des pièces	.....	... kg
Nombre de tôles commerciales selon le plan DT 3	.....	... tôles
Surface achetée	.....	... m²
Rendement matière	.....	... %
Masse achetée	.....	... kg
Masse de chute théorique	.....	... kg
Coût matière acheté	.....	... €
Périmètre total des cinq contours	.....	... m
Temps de coupe avec cinq amorçages	.....	... min
Une limite de l'estimation	.....	.....

Les cellules contenant « ... » sont à compléter.

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Tableau de justification technique et de préparation : questions 1.3 et 3.1 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les lignes utiles en indiquant le choix proposé et sa justification. Le candidat peut ajouter des lignes dans sa copie si nécessaire.

Références et gamme opératoire à compléter par le candidat

Thème ou étape	Référence, opération ou contrôle proposé	Justification ou critère de vérification
Norme matériau	.....	.....
Qualification du mode opératoire de soudage	.....	.....
Qualification du soudeur	.....	.....
Niveau d'acceptation des imperfections	.....	.....
Réception et identification matière	.....	.....
Débit et ébavurage	.....	.....
Préparation et pointage	.....	.....
Ordre de soudage	.....	.....
Contrôle final et traçabilité	.....	.....

Les cellules contenant « ... » sont à compléter.

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.