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 Bac Pro Aéronautique, veuillez visiter :
bacproaero.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

AÉRONAUTIQUE

SESSION 2026

ÉPREUVE E2 : ANALYSE FONCTIONNELLE, STRUCTURELLE ET COMPORTEMENTALE

Coefficient : 4 Durée : 4 heures

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet. Répondre sur les documents réponse fournis ou sur copie d'examen.

Composition de l'épreuve	Support
PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 2 : ÉTUDE TECHNOLOGIQUE, MATÉRIAUX ET CALCULS (7 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 3 : PRÉPARATION DE FABRICATION ET PROTOCOLE OPÉRATOIRE (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 4 : PRÉVENTION ET SÉCURITÉ (3 points)	Dossier Questionnement
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES (DT 1, DT 2, DT 3)	Fourni avec le sujet
DOCUMENTS RÉPONSES (DR 1, DR 2) : À RENDRE AVEC LA COPIE	Fin de sujet

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

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES DOCUMENTS RÉPONSES SITUÉS EN FIN DE DOSSIER SONT À COMPLÉTER ET À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : AÉROMAINTENANCE ATLANTIQUE, ATELIER STRUCTURES, MÉRIGNAC (GIRONDE)

Dans le cadre d'une activité de formation et d'analyse sur un **article d'essai non destiné au vol**, l'atelier AéroMaintenance Atlantique étudie le remplacement d'une plaque de renfort fixée sur un panneau de fuselage représentatif. Le dossier porte sur l'analyse fonctionnelle et structurelle de l'assemblage, la préparation de la fabrication d'un lot de 28 plaques et la prévention des risques associés.

Le cahier des charges impose une plaque en alliage d'aluminium 2024-T3, de dimensions finies 180 mm × 60 mm × 2 mm, comportant trois perçages de diamètre 6,1 mm. La charge axiale de calcul appliquée à l'assemblage est de 2 400 N. Les caractéristiques admissibles et les paramètres de fabrication utilisables sont fournis dans le dossier technique. Toute intervention sur un aéronef en service nécessiterait l'application des données de réparation approuvées propres à cet aéronef. Les données du présent sujet s'appliquent uniquement à l'article d'essai décrit.

Le sujet comporte quatre parties. Le candidat justifie ses réponses, indique les unités et arrondit les résultats de calcul à deux chiffres après la virgule, sauf indication contraire.

PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE (5 points)

Identifier la fonction de la plaque et exploiter les exigences du dossier

À partir du contexte et des documents DT 1 et DT 2, analyser le rôle de la plaque de renfort et les exigences associées à sa réalisation. Les réponses doivent distinguer les fonctions de l'assemblage des caractéristiques imposées à la pièce.

Exigences principales du cahier des charges

Critère	Exigence
Fonction de la plaque	Transmettre et répartir l'effort axial entre les fixations et le panneau représentatif
Charge axiale de calcul	2 400 N
Dimensions finies	180 mm × 60 mm × 2 mm
Matière	Aluminium 2024-T3
Nombre de fixations représentées	3 rivets de diamètre nominal 6 mm

Données à exploiter pour les questions 1.1 à 1.3.

1.1 (1,5 point) Formuler la fonction principale de la plaque de renfort dans l'assemblage. Citer deux éléments avec lesquels elle est en relation et préciser, pour chacun, la relation fonctionnelle assurée.

1.2 (1,5 point) Relever dans le cahier des charges quatre exigences vérifiables portant sur la plaque ou son assemblage. Pour chacune, indiquer une grandeur ou un critère permettant de vérifier le respect de l'exigence.

1.3 (2 points) Le document DT 2 précise que les valeurs mécaniques fournies sont des données de calcul de l'article d'essai et ne constituent pas une instruction de réparation d'aéronef. Expliquer la conséquence de cette restriction pour une intervention sur un aéronef en service et identifier le document technique à consulter avant toute intervention réelle.

PARTIE 2 : ÉTUDE TECHNOLOGIQUE, MATÉRIAUX ET CALCULS (7 points)

Vérifier les sections sollicitées et préparer le débit matière

Utiliser les dimensions du DT 1, les caractéristiques du DT 2 et les données de lot ci-dessous. Les trois rivets sont supposés répartir uniformément la charge axiale. Pour les calculs de contrainte, utiliser les formules fournies dans le DT 2. Présenter les étapes, les unités et la comparaison aux valeurs admissibles.

Le lot à fabriquer comprend 28 plaques. Une tôle disponible mesure 1 000 mm × 500 mm et coûte 145,00 €. Pour l'estimation de rendement, le plan de débit autorise une disposition en grille de 5 plaques dans le sens de la longueur de la tôle et de 8 plaques dans le sens de sa largeur. Les chutes de contour ne sont pas réutilisées dans ce calcul.

Données de calcul et de débit

Donnée	Valeur
Charge axiale F	2 400 N
Nombre de rivets n	3
Largeur b et épaisseur t de la plaque	60 mm et 2 mm
Diamètre de calcul d des rivets	6 mm
Dimensions de la tôle	1 000 mm × 500 mm
Prix d'une tôle	145,00 €
Lot demandé	28 plaques

Données imposées pour la partie 2.

2.1 (2 points) Calculer la charge reprise par un rivet, puis la contrainte moyenne de cisaillement dans un rivet. Utiliser la relation du DT 2 et comparer le résultat à la valeur admissible fournie. Conclure sur ce seul critère.

2.2 (2 points) Calculer la contrainte moyenne de traction dans la section nette de la plaque passant par un trou. Utiliser la largeur nette définie dans le DT 2. Comparer le résultat à la contrainte admissible en traction et conclure sur ce seul critère.

2.3 (1,5 point) Déterminer le nombre maximal de plaques pouvant être débitées dans une tôle selon la disposition en grille indiquée. Calculer le nombre de tôles nécessaires pour le lot de 28 plaques, le rendement surfacique correspondant aux 28 pièces, ainsi que la surface de chute associée au lot. Donner les unités.

2.4 (1,5 point) Calculer le coût matière imputé au lot de 28 plaques en répartissant le coût de la tôle au prorata du nombre de positions de débit disponibles sur une tôle. Calculer également la longueur totale du contour extérieur à découper pour les 28 plaques. La longueur de contour d'une plaque rectangulaire est calculée par la relation du DT 2.

PARTIE 3 : PRÉPARATION DE FABRICATION ET PROTOCOLE OPÉRATOIRE (5 points)

Établir les paramètres de perçage et organiser les opérations

À l'aide du DT 1 et du DT 3, proposer une gamme opératoire cohérente pour la fabrication de la plaque d'essai. Le perçage est réalisé avec un foret hélicoïdal HSS de diamètre 6,1 mm. La vitesse de coupe de référence et l'avance par tour sont celles fournies dans le DT 3. La perceuse réglable dispose des vitesses de rotation suivantes : 500, 800, 1 200, 1 800, 2 400 et 3 000 tr/min.

Paramètres de perçage fournis

Paramètre	Valeur
Vitesse de coupe Vc	60 m/min
Diamètre du foret D	6,1 mm
Avance par tour f	0,08 mm/tr
Vitesses disponibles	500, 800, 1 200, 1 800, 2 400, 3 000 tr/min

Les paramètres sont ceux retenus pour l'article d'essai.

3.1 (2 points) Calculer la vitesse de rotation théorique du foret à partir de la relation du DT 3. Choisir la vitesse disponible la plus proche sans dépasser la vitesse théorique, puis calculer l'avance de perçage en mm/min avec cette vitesse retenue.

3.2 (1,5 point) Compléter le DR 1 en indiquant, pour chaque opération, le moyen ou l'outil adapté et le contrôle à effectuer. L'ordre des opérations doit permettre de limiter les défauts de positionnement des trois trous.

3.3 (1,5 point) À partir du plan du DT 1, indiquer les coordonnées longitudinales des trois centres de perçage mesurées depuis le bord gauche de la plaque. Préciser la distance entre deux centres consécutifs et la distance entre chaque trou extrême et le bord longitudinal correspondant.

PARTIE 4 : PRÉVENTION ET SÉCURITÉ (3 points)

Repérer les risques et définir les mesures de prévention adaptées

Les opérations concernées sont le débit d'une tôle, l'ébavurage manuel et le perçage sur perceuse à colonne. Le DT 3 fournit les risques et les règles de prévention applicables dans l'atelier. Les réponses doivent être reliées aux opérations décrites.

Situations de travail à analyser

Opération	Danger ou situation
Débit et manipulation de la tôle	Arêtes vives et risque de coupure
Perçage	Rotation de l'outil, entraînement de la pièce ou des vêtements, projection de copeaux
Ébavurage	Copeaux et arêtes résiduelles

Support des questions 4.1 et 4.2.

4.1 (1,5 point) Pour deux situations de travail différentes, identifier un risque et proposer une mesure de prévention collective ou organisationnelle adaptée à chaque risque.

4.2 (1,5 point) Indiquer trois consignes de sécurité à respecter pendant le perçage et l'ébavurage. Au moins une consigne doit concerner le maintien de la pièce et au moins une autre la protection contre les copeaux.

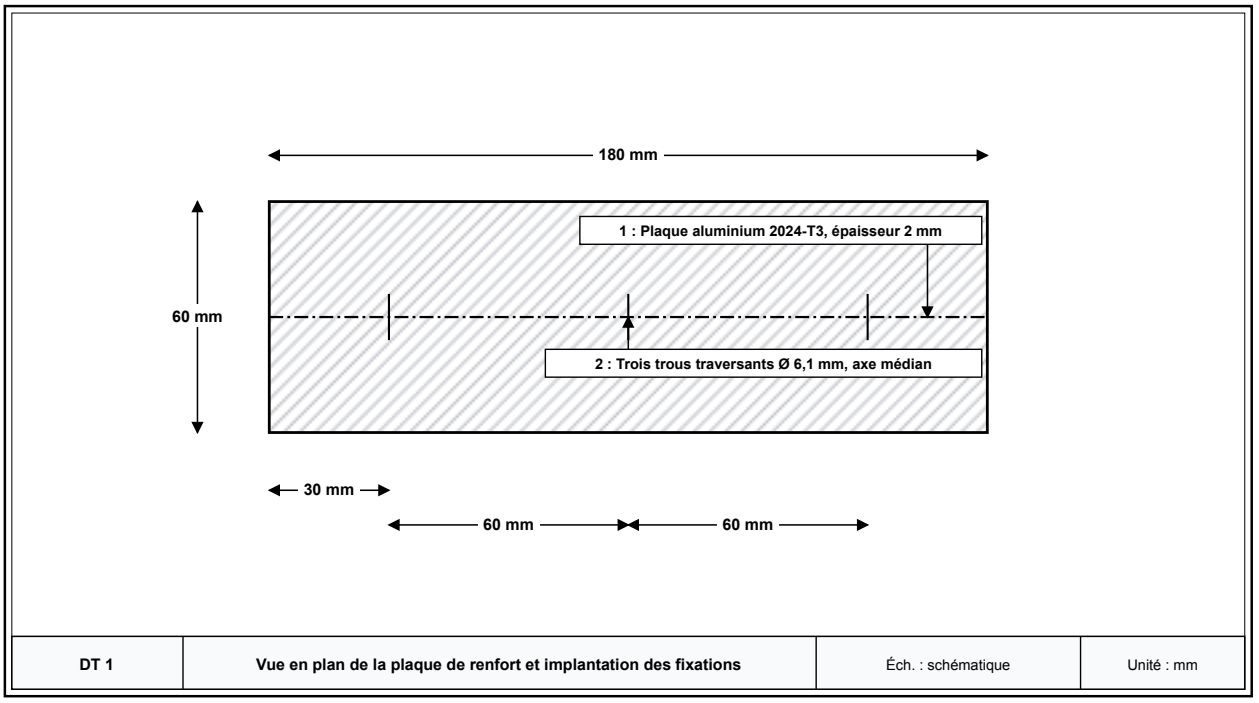
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : PLAQUE DE RENFORT D'ESSAI : PLAN COTÉ ET DÉFINITION GÉOMÉTRIQUE

La pièce est une plaque rectangulaire en aluminium, de dimensions finies 180 mm × 60 mm × 2 mm. Elle comporte trois perçages traversants de diamètre 6,1 mm, alignés sur l'axe longitudinal médian. Le premier centre est situé à 30 mm du bord gauche, l'entraxe des perçages est de 60 mm et le dernier centre est situé à 30 mm du bord droit. Les dimensions du plan sont en millimètres. Le dessin est schématique et les cotes écrites prévalent sur l'échelle graphique.

Les rivets représentés assurent la liaison entre la plaque de renfort et le panneau d'essai. La plaque contribue à transmettre la charge axiale appliquée à l'assemblage. Le panneau support et les rivets sont représentés pour situer la fonction de la pièce ; leur dimensionnement complet n'est pas demandé.



Plan schématique coté. Unités : mm. La cote écrite prévaut sur l'échelle graphique.

Repérage des caractéristiques géométriques

Repère	Caractéristique	Valeur
1	Matière et épaisseur	Aluminium 2024-T3, 2 mm
2	Nombre et diamètre des trous	3 trous traversants, diamètre 6,1 mm
3	Position transversale des centres	Axe médian, soit 30 mm de chaque grand bord
4	Position longitudinale des centres	30 mm, 90 mm et 150 mm depuis le bord gauche

Les repères 1 et 2 correspondent aux callouts du plan.

DT 2 : CARACTÉRISTIQUES MATIÈRE, EXIGENCES D'ESSAI ET RELATIONS DE CALCUL

Les caractéristiques ci-dessous sont des données de calcul simplifiées établies pour le cas d'étude de l'article d'essai. Elles ne remplacent pas une spécification de matériau, une donnée de conception approuvée ni une documentation de réparation applicable à un aéronef en service.

Pour la vérification de traction de la plaque, la section nette est définie par une ligne passant par un trou. La largeur nette vaut la largeur de la plaque diminuée du diamètre de calcul d'un trou : $b_n = b - d$. La section nette vaut $A_n = b_n \times t$, avec les dimensions exprimées en millimètres ; le résultat est en mm^2. La contrainte moyenne de traction vaut $\sigma = F / A_n$, avec F en newtons ; le résultat en $\mathrm{N/mm}^2$ est équivalent au mégapascal.

Pour la vérification simplifiée du cisaillement des rivets, la charge est répartie également entre les trois rivets. La section résistante d'un rivet vaut $A_r = \pi d^2 / 4$, et la contrainte moyenne de cisaillement vaut $\tau = (F/n) / A_r$. Le périmètre extérieur d'une plaque rectangulaire vaut $P = 2(L + l)$. Le rendement surfacique du lot est le rapport entre la surface totale des pièces demandées et la surface de la tôle utilisée, exprimé en pourcentage.

Valeurs mécaniques de calcul de l'article d'essai

Caractéristique	Valeur	Unité
Contrainte admissible en traction de la plaque	90	MPa
Contrainte admissible en cisaillement des rivets	100	MPa
Diamètre de calcul des rivets	6	mm
Charge axiale totale	2 400	N
Nombre de rivets participant au transfert de charge	3	sans unité

Valeurs à utiliser exclusivement pour les calculs demandés dans le sujet.

Données matière et débit

Donnée	Valeur
Matière de la plaque	Aluminium 2024-T3
Dimensions d'une plaque	180 mm × 60 mm × 2 mm
Dimensions de la tôle disponible	1 000 mm × 500 mm
Disposition en grille	5 plaques sur la longueur × 8 plaques sur la largeur
Prix unitaire d'une tôle	145,00 €
Quantité demandée	28 plaques

Données imposées pour l'estimation de fabrication du lot.

DT 3 : DONNÉES D'ATELIER : PERÇAGE, CONTRÔLE ET PRÉVENTION

Paramètres de perçage retenus pour l'article d'essai : vitesse de coupe $V_c = 60\,\mathrm{m/min}$, diamètre de foret $D = 6,1\,\mathrm{mm}$, avance par tour $f = 0,08\,\mathrm{mm/tr}$. La vitesse de rotation théorique se calcule par $n = 1000V_c/(\pi D)$, avec V_c en m/min et D en mm. L'avance de perçage en mm/min se calcule par $V_f = f \times n$. La perceuse à colonne propose les vitesses de rotation suivantes : 500, 800, 1 200, 1 800, 2 400 et 3 000 tr/min.

Ordre de fabrication recommandé : vérifier le brut et la matière ; tracer et pointer les centres ; découper le contour ; ébavurer les bords ; positionner et brider la pièce ; percer les trous ; ébavurer les trous ; contrôler les dimensions, les positions et l'état des bords. Les contrôles dimensionnels sont réalisés avec des instruments adaptés et en bon état.

Prévention : appliquer les consignes de l'atelier et les principes généraux de prévention du Code du travail. Porter les équipements de protection requis par l'évaluation des risques. Retirer les copeaux avec un crochet ou un moyen adapté, jamais à mains nues. Maintenir la pièce avec un dispositif de bridage ; ne pas la tenir à la main pendant le perçage. Ne pas porter de vêtements flottants ni de bijoux près d'un organe en rotation. Régler la machine et effectuer les opérations de mesure uniquement lorsque la broche est arrêtée. Les gants ne sont pas portés à proximité d'une broche en rotation ; leur emploi pour manipuler des tôles à arêtes vives s'effectue machine arrêtée, conformément aux consignes de l'atelier.

Paramètres de fabrication et contrôles

Opération	Données ou moyen	Contrôle attendu
Débit	Tôle aluminium 2024-T3, brut compatible avec la pièce finie	Dimensions du contour et absence de déformation visible
Traçage et pointage	Repères cotés depuis le bord gauche et l'axe médian	Position des trois centres et entraxes
Perçage	Foret HSS Ø 6,1 mm, vitesse calculée à partir de Vc	Diamètre, position et perpendicularité des trous
Ébavurage	Outil d'ébavurage adapté, pièce immobilisée	Absence de bavure et d'arête coupante résiduelle
Sécurité	Bridage, protections adaptées, machine arrêtée pour réglage et mesure	Poste rangé et copeaux retirés avec un moyen adapté

Ressource de préparation des opérations de débit, perçage et contrôle.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 3.2 et 3.3

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter le tableau en précisant les moyens ou outils et les contrôles. Pour la question 3.3, inscrire les cotes longitudinales des centres de perçage et l'entraxe correspondant.

Gamme opératoire et implantation des perçages

Étape	Opération	Moyen ou outil	Contrôle à effectuer
1	Vérifier la matière et le brut	.....	.....
2	Tracer et pointer les trois centres	.....	.....
3	Découper le contour de la plaque	.....	.....
4	Ébavurer le contour	.....	.....
5	Brider la pièce et percer les trois trous	.....	.....
6	Ébavurer les trous et contrôler la pièce	.....	.....

Compléter toutes les cases contenant « ... ».

Cotes d'implantation des trous

Centre du trou	Position longitudinale depuis le bord gauche	Entraxe avec le trou suivant
Trou 1	.....	.....
Trou 2	.....	.....
Trou 3	.....	Sans objet

Mesures prises depuis le bord gauche de la plaque.

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

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 2.1 à 2.4 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Présenter les calculs avec les formules, les remplacements numériques, les unités et les conclusions. Compléter les cases contenant « ... ».

Tableau de résultats des calculs de la partie 2

Grandeur recherchée	Calcul ou résultat	Unité	Conclusion ou comparaison
Charge par rivet	.....	.....	.....
Contrainte moyenne de cisaillement dans un rivet	.....	MPa	.....
Largeur nette de la plaque	.....	mm	.....
Contrainte moyenne de traction dans la section nette	.....	MPa	.....
Nombre de plaques par tôle et nombre de tôles pour le lot	.....	plaques et tôles	.....
Rendement surfacique du lot de 28 plaques	.....	%	.....
Surface de chute associée au lot	.....	mm²	.....
Coût matière imputé aux 28 plaques	.....	€	.....
Longueur totale de contour à découper	.....	m	.....

Les valeurs doivent être accompagnées des unités et des conclusions demandées.

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.