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

SYSTÈMES PHOTONIQUES

ÉPREUVE E6.2 : PROJET TECHNIQUE

SESSION 2026

Durée : 50 minutes

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SYSTÈMES PHOTONIQUES	6

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.

Le candidat présente son projet individuel et les documents techniques associés. Une calculatrice et les supports de présentation du projet sont autorisés.

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

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CONSIGNES GÉNÉRALES DE L'ÉPREUVE : PHOTONIQUE VAL DE LOIRE, SITE DE TOURS (INDRE-ET-LOIRE)

L'épreuve E6.2 est une évaluation orale du projet technique individuel du candidat. Le candidat présente le travail qu'il a effectivement conduit et répond aux questions de la commission. Le dossier ci-dessous fixe un contexte technique et des données communes pour l'étude présentée dans ce sujet.

La société Photonique Val de Loire souhaite réaliser un banc compact de contrôle de transmission pour des filtres optiques destinés à une ligne de production. Le banc utilise une source rouge, un trajet optique guidé, un détecteur et une chaîne d'acquisition. Il doit permettre de mesurer la transmission d'un filtre autour de 635 nm, de produire une valeur exploitable par l'opérateur et de limiter les risques liés à l'utilisation du banc.

Le candidat s'appuie sur les documents techniques DT 1 à DT 3 et renseigne les documents réponses DR 1 et DR 2. Il explicite ses hypothèses lorsque cela est nécessaire, justifie ses choix techniques et distingue les résultats calculés des valeurs qui devront être vérifiées par mesure.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et exigences réglementaires (5 points)

Analyser le besoin, les fonctions attendues et les contraintes d'intégration

À partir du cahier des charges du DT 1 et des données de sécurité du DT 3, caractériser le besoin auquel répond le banc et établir la traçabilité entre les exigences, les solutions retenues et les contrôles prévus. Toute exigence chiffrée doit être reliée à un moyen de vérification.

Exigences principales du banc

Repère	Exigence	Valeur ou condition	Vérification attendue
E1	Longueur d'onde de mesure	635 nm	.....
E2	Transmission mesurable	10 % à 90 %	.....
E3	Durée maximale d'une mesure stabilisée	2 s	.....
E4	Répétabilité visée sur une même pièce	écart-type inférieur ou égal à 0,5 point de pourcentage	.....
E5	Emprise maximale du banc	300 mm × 200 mm	.....
E6	Sécurité de la source	module fourni classé classe 2 par son fabricant, capot fermé pendant la mesure	.....

Données contractuelles du projet, à utiliser pour l'analyse fonctionnelle.

1.1 (2 points) Formuler le besoin du banc sous la forme « À qui rend-il service ? Sur quoi agit-il ? Dans quel but ? ». Identifier ensuite trois fonctions de service et deux contraintes de réalisation, dont au moins une contrainte de sécurité. Reporter les éléments retenus dans le DR 1.

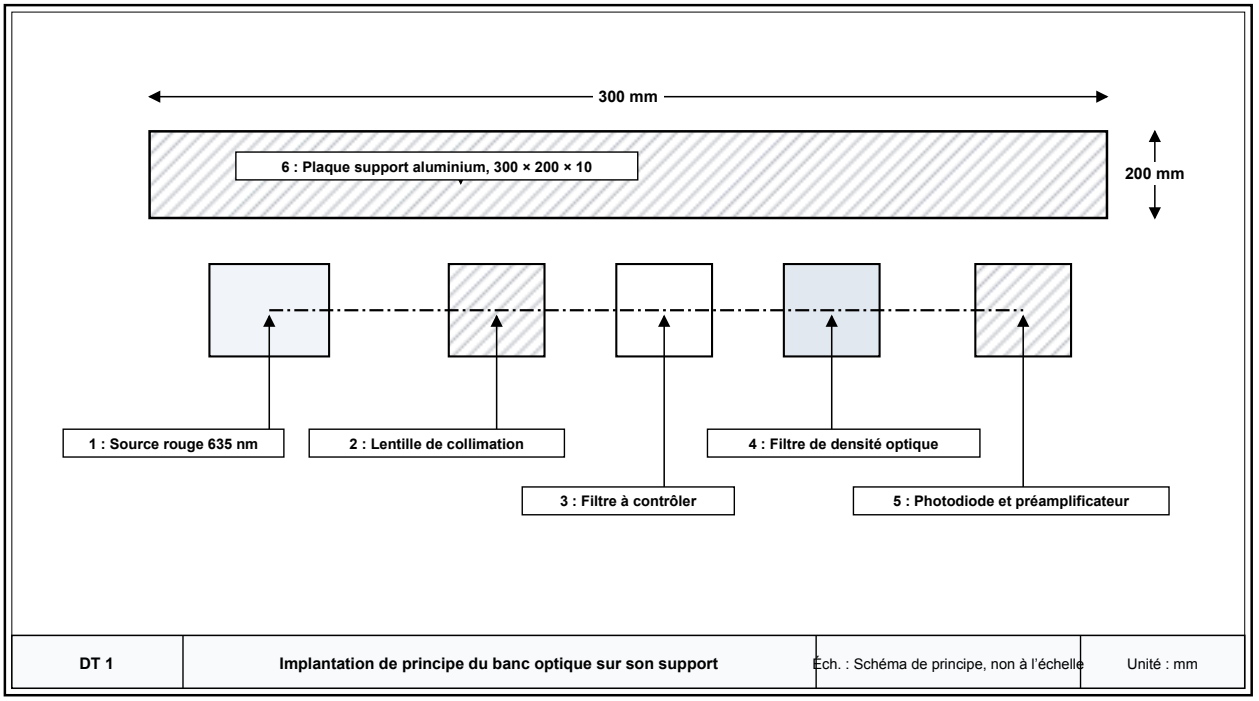
1.2 (1,5 point) Choisir trois exigences du tableau et proposer, pour chacune, un critère mesurable et un moyen de vérification adapté. Préciser les conditions de mesure nécessaires pour que le résultat soit exploitable.

1.3 (1,5 point) À partir du DT 3, citer les références de sécurité pertinentes pour la source optique, l'équipement électrique et l'analyse des risques. Expliquer leur domaine d'application au banc sans assimiler la classe de la source à une validation de l'installation complète.

PARTIE 2 : Étude technologique et dimensionnement (7 points)

Justifier l'architecture optique, la chaîne de détection et le support mécanique

Les caractéristiques de la source, des composants optiques et du détecteur sont fournies dans le DT 2. Les calculs demandés doivent faire apparaître les unités et les hypothèses. Les résultats théoriques ne remplacent pas la caractérisation expérimentale du banc.



Données numériques pour le dimensionnement

Grandeur	Valeur	Unité ou précision
Puissance optique de la source avant les éléments optiques	0,80	mW
Transmission de chaque lentille	0,96	sans unité
Transmission du séparateur utilisé dans le trajet	0,50	sans unité
Transmission du filtre de densité optique	0,90	sans unité
Facteur de transmission du filtre de densité optique	0,10	sans unité
Réponse de la photodiode à 635 nm	0,42	A/W
Résistance de conversion courant-tension	100	kΩ
Convertisseur analogique-numérique	12	bits, plage de 0 à 5 V
Plaque support	300 × 200 × 10	mm, aluminium 6061
Masse volumique de l'aluminium	2700	kg/m³
Prix matière de l'aluminium	18	€/kg
Surplus matière retenu pour les pertes de débit	15	%

Les valeurs sont à considérer comme les données du cahier des charges de l'étude.

2.1 (2 points) Calculer la puissance optique atteignant le détecteur dans la configuration nominale, avec les deux lentilles, le séparateur et le filtre de densité optique. Utiliser le facteur de transmission 0,10 du filtre de densité. Écrire le bilan sous la forme $P_d = P_s\,T_1\,T_2\,T_s\,T_{DO}$, puis exprimer le résultat en mW et en µW. Vérifier si cette puissance est dans la plage d'entrée recommandée du détecteur indiquée au DT 2.

2.2 (2 points) Pour la puissance calculée en 2.1, calculer le courant photoélectrique $I = R_\lambda P_d$, puis la tension de sortie du préamplificateur $V = IR_f$. Calculer également le pas de quantification idéal du convertisseur 12 bits sur 0 à 5 V, puis convertir ce pas en puissance optique équivalente à l'entrée du détecteur. Présenter les résultats avec des unités cohérentes.

2.3 (1,5 point) Calculer le volume, la masse théorique et le coût matière de la plaque support. Appliquer ensuite le surplus de 15 % au coût matière. Utiliser $V = L\,l\,e$, $m = \rho V$ et $C = m\,p$, où p est le prix au kilogramme. Reporter les résultats et les unités dans le DR 1.

2.4 (1,5 point) Proposer une vérification de l'alignement et de la répétabilité de la mesure après montage. Préciser au moins trois paramètres à maintenir constants et une méthode de comparaison permettant de vérifier l'exigence de répétabilité du cahier des charges.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et protocole opératoire (5 points)

Établir une gamme de montage, de réglage et de validation

La plaque support est préparée en atelier avant le montage des composants. Les caractéristiques d'usinage et les règles d'assemblage sont données dans le DT 2. Le candidat doit distinguer les opérations de fabrication, les réglages optiques et les contrôles de réception.

Paramètres de coupe et de contrôle

Paramètre	Valeur	Unité
Outil	Fraise carbure, diamètre 6	mm
Vitesse de coupe recommandée dans l'aluminium	80	m/min
Nombre de dents	2	dents
Avance par dent	0,03	mm/dent
Nombre de mesures de contrôle pour la répétabilité	10	mesures
Intervalle minimal entre deux acquisitions	2	s

Données communiquées par l'atelier pour le calcul et la préparation opératoire.

3.1 (1,5 point) Calculer la vitesse de rotation de la broche à partir de $n = \frac{1000 V_c}{\pi D}$, avec $V_c = 80\ \mathrm{m/min}$ et $D = 6\ \mathrm{mm}$. Retenir une vitesse de broche disponible de 4 200 tr/min. Calculer ensuite l'avance d'usinage avec $V_f = f_z z n$, où $f_z = 0,03\ \mathrm{mm/dent}$ et $z = 2$. Donner le résultat en mm/min.

3.2 (2 points) Établir un protocole opératoire ordonné comprenant au minimum : contrôle de la plaque et des composants, préparation mécanique, installation des éléments optiques, réglage de l'axe, raccordement électrique, mise sous tension et contrôle final. Pour chaque étape, indiquer un point de contrôle ou un critère d'acceptation.

3.3 (1,5 point) Décrire le protocole de validation de la répétabilité sur 10 acquisitions : conditions à fixer, valeur à enregistrer, calcul statistique à effectuer et décision par rapport à l'écart-type maximal de 0,5 point de pourcentage. Compléter le DR 2 avec les étapes et les résultats attendus.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et maîtrise des risques (3 points)

Identifier les dangers et définir des mesures de prévention vérifiables

L'analyse porte sur la préparation, le réglage, l'exploitation et la maintenance du banc. Les risques doivent être évalués en tenant compte des conditions réelles d'utilisation et des protections en place. Les références figurant au DT 3 sont des repères pour l'analyse et ne dispensent pas de vérifier les exigences applicables au matériel et au lieu de travail.

Situations à analyser

Situation de travail	Danger ou événement redouté	Mesure de prévention	Contrôle de l'efficacité
Réglage de l'axe optique	.....	.....	.....
Raccordement et essai électrique	.....	.....	.....
Usinage ou retouche de la plaque support	.....	.....	.....

Compléter l'analyse dans le document réponse DR 2.

4.1 (1,5 point) Pour les trois situations du tableau, identifier un danger ou un événement redouté et proposer une mesure de prévention adaptée. Pour le réglage optique, préciser les dispositions à prendre pour éviter l'exposition de l'œil au faisceau direct ou à une réflexion spéculaire.

4.2 (1,5 point) Définir les contrôles à effectuer avant la mise en service et après une intervention de maintenance : état du capot et des obturateurs, fixation mécanique, câblage et alimentation, fonctionnement de l'arrêt ou de la mise hors tension, et signalisation. Expliquer comment consigner les résultats et traiter une non-conformité.

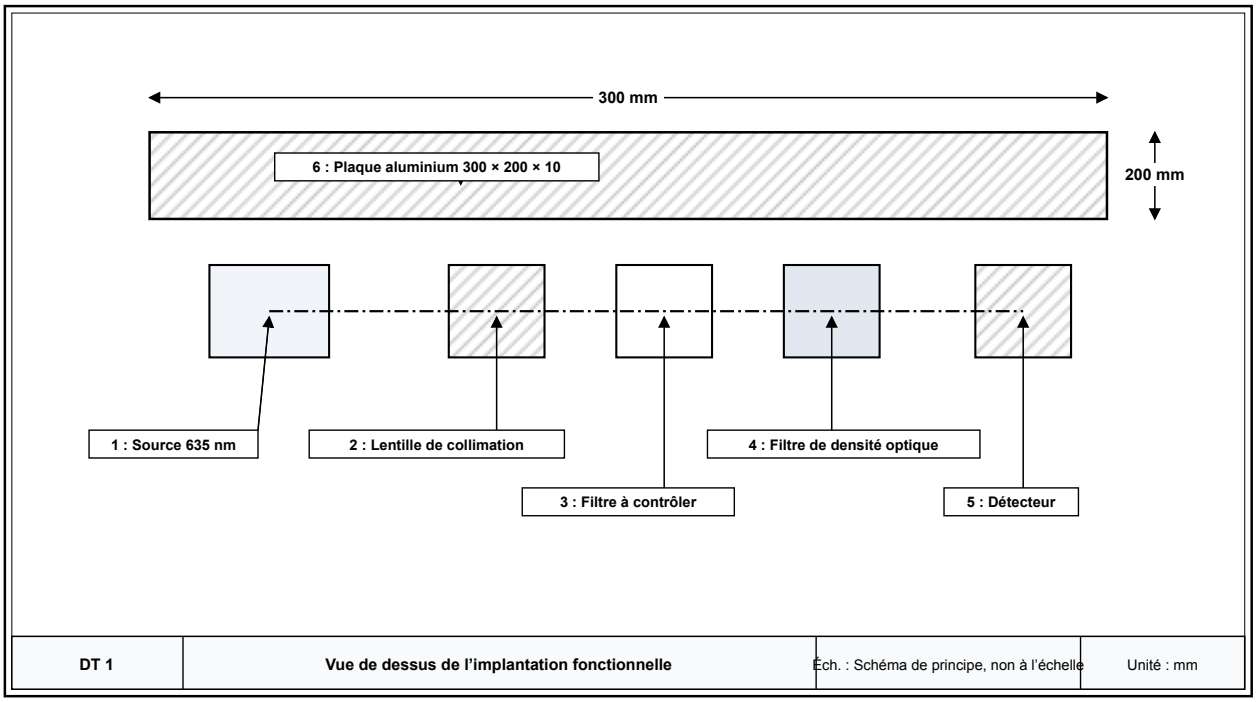
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : CAHIER DES CHARGES ET IMPLANTATION DU BANC

Le banc doit mesurer la transmission d'un filtre optique à 635 nm. La plage de transmission attendue est de 10 % à 90 %. Le temps entre le lancement de la mesure et l'affichage d'un résultat stabilisé ne doit pas dépasser 2 s. Sur une même pièce et dans des conditions identiques, l'écart-type de dix résultats doit être inférieur ou égal à 0,5 point de pourcentage. L'encombrement maximal du support est de 300 mm × 200 mm. La mesure est réalisée capot fermé. La chaîne doit permettre de conserver les données brutes et la valeur calculée pour assurer la traçabilité.

Le schéma représente l'ordre fonctionnel des éléments : source, optique de collimation, filtre à contrôler, filtre de densité optique, détecteur. Les dimensions inscrites correspondent à l'encombrement maximal de la plaque support et non à une définition complète des perçages ou des rainures. Les plans de fabrication détaillés doivent être établis à partir des interfaces réelles des composants retenus.



Exigences fonctionnelles et critères de réception

Fonction ou contrainte	Critère	Seuil d'acceptation
Mesurer la transmission	Plage de mesure	10 % à 90 %
Fournir un résultat rapide	Durée après lancement	au plus 2 s
Assurer la répétabilité	Écart-type de 10 mesures identiques	au plus 0,5 point de pourcentage
Limiter l'encombrement	Dimensions hors tout du support	au plus 300 mm × 200 mm
Protéger l'utilisateur	Mesure en fonctionnement normal	capot fermé

DT 2 : CARACTÉRISTIQUES DES COMPOSANTS ET DONNÉES D'ATELIER

Les valeurs ci-après sont les données nominales communiquées pour l'étude. La source est un module rouge de longueur d'onde 635 nm, de puissance optique nominale 0,80 mW avant les éléments optiques et classé classe 2 par son fabricant dans les conditions spécifiées par celui-ci. Deux lentilles ont chacune une transmission de 0,96. Le séparateur optique utilisé sur le trajet de mesure a une transmission de 0,50. Le filtre de densité optique a une transmission de 0,90 et un facteur d'atténuation complémentaire de 0,10 lorsqu'il est positionné pour la mesure. La réponse de la photodiode à 635 nm est de 0,42 A/W. Le préamplificateur est réglé avec une résistance de conversion de 100 kΩ. Le convertisseur analogique-numérique possède 12 bits et une plage de 0 à 5 V.

La puissance recommandée à l'entrée du détecteur est comprise entre 1 µW et 100 µW. Pour le calcul du pas de quantification idéal, utiliser 4096 niveaux et $q = \frac{5\ \text{V}}{4096}$. Pour convertir un pas de tension en puissance équivalente, utiliser la sensibilité de la photodiode et la résistance de conversion nominale, sans ajouter de bruit électronique non fourni.

La plaque support est en aluminium 6061, de dimensions 300 mm × 200 mm × 10 mm. La masse volumique retenue est de 2700 kg/m³ et le prix matière est de 18 €/kg. Pour le chiffrage simplifié, appliquer 15 % de surplus au coût matière calculé. En atelier, l'outil disponible est une fraise carbure de diamètre 6 mm, utilisée à une vitesse de coupe recommandée de 80 m/min, avec deux dents et une avance par dent de 0,03 mm/dent. Une vitesse de broche disponible de 4 200 tr/min peut être retenue.

Caractéristiques optiques et électroniques

Élément	Caractéristique	Valeur
Source	Longueur d'onde	635 nm
Source	Puissance optique nominale	0,80 mW
Lentille	Transmission d'une lentille	0,96
Séparateur	Transmission sur le trajet de mesure	0,50
Filtre de densité optique	Transmission et facteur d'atténuation retenu	0,90 et 0,10
Photodiode	Réponse à 635 nm	0,42 A/W
Préamplificateur	Résistance de conversion courant-tension	100 kΩ
Convertisseur	Résolution et plage	12 bits, 0 à 5 V
Détecteur	Plage recommandée de puissance incidente	1 µW à 100 µW

Caractéristiques de la plaque et paramètres d'usinage

Donnée	Valeur
Matériau	Aluminium 6061
Dimensions de la plaque	300 mm × 200 mm × 10 mm
Masse volumique	2700 kg/m³
Prix matière	18 €/kg
Surplus matière	15 % du coût matière théorique
Diamètre de fraise	6 mm
Vitesse de coupe	80 m/min
Nombre de dents	2
Avance par dent	0,03 mm/dent
Vitesse de broche disponible	4 200 tr/min

DT 3 : RÉFÉRENCES DE PRÉVENTION ET PRESCRIPTIONS DE CONTRÔLE

Références à prendre en compte selon le champ d'application de l'équipement et l'évaluation des risques : NF EN 60825-1, sécurité des appareils à laser et classification des produits laser ; NF EN 61010-1, exigences de sécurité relatives aux équipements électriques de mesure, de commande et de laboratoire ; NF EN ISO 12100, principes généraux de conception, appréciation et réduction du risque pour les machines. Les éditions applicables et les exigences liées à l'équipement réellement installé sont à vérifier par l'établissement ou l'entreprise.

La classe 2 mentionnée dans la documentation du fabricant concerne le produit laser dans les conditions déclarées par le fabricant. Elle ne constitue pas, à elle seule, une analyse des risques de l'installation complète. Les protections doivent notamment empêcher l'accès au faisceau direct et aux réflexions dangereuses en usage normal et lors des opérations de réglage ou de maintenance. Les opérations d'usinage de la plaque sont réalisées selon les consignes de l'atelier, avec protections de machine, maintien de la pièce, lunettes adaptées au risque mécanique et retrait des copeaux avec un moyen approprié.

Avant la mise en service, vérifier l'intégrité du capot, des fixations, des obturateurs, des câbles et des connexions, ainsi que la possibilité de mettre l'équipement hors tension en sécurité. Après maintenance, réaliser les mêmes contrôles et consigner les résultats, l'identité de l'intervenant, la date et le traitement des écarts.

Repères de prévention et contrôles attendus

Domaine	Référence ou mesure	Application à examiner
Sécurité laser	NF EN 60825-1	Classification du produit laser et maîtrise de l'accès au rayonnement
Sécurité électrique	NF EN 61010-1	Équipement électrique de mesure et de laboratoire
Appréciation des risques	NF EN ISO 12100	Identification des dangers, estimation et réduction des risques
Réglage optique	Capot fermé en mesure normale, faisceau rendu inaccessible autant que possible pendant le réglage	Contrôle visuel et essai fonctionnel
Maintenance	Mise hors tension avant intervention et contrôle après intervention	Enregistrement des contrôles et des non-conformités
Usinage	Pièce bridée, protections de machine en place, évacuation des copeaux sans contact direct	Vérification avant lancement du cycle

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : Questions 1.1, 2.1, 2.2 et 2.3 | **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux ci-dessous. Faire apparaître les unités et les étapes utiles des calculs. Les réponses peuvent être présentées oralement en s'appuyant sur ce document.

Analyse fonctionnelle et traçabilité des exigences

Élément à renseigner	Réponse du candidat
À qui le banc rend-il service ?	.....
Sur quoi agit-il ?	.....
Dans quel but ?	.....
Fonction de service 1	.....
Fonction de service 2	.....
Fonction de service 3	.....
Contrainte de réalisation ou de sécurité 1	.....
Contrainte de réalisation ou de sécurité 2	.....

Résultats de dimensionnement et de chiffrage

Grandeur	Calcul ou formule	Résultat avec unité
Puissance optique au détecteur	.....	.....
Courant photoélectrique	.....	.....
Tension de sortie du préamplificateur	.....	.....
Pas de quantification du convertisseur	.....	.....
Puissance optique équivalente à un pas	.....	.....
Volume de la plaque	.....	.....
Masse théorique de la plaque	.....	.....
Coût matière avec surplus de 15 %	.....	.....

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 3.2, 3.3, 4.1 et 4.2 | **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux en indiquant des opérations ordonnées, des mesures de prévention concrètes et des critères de contrôle observables.

Gamme de montage et de validation

Ordre	Opération	Point de contrôle ou critère d'acceptation
1	.....	.....
2	.....	.....
3	.....	.....
4	.....	.....
5	.....	.....
6	.....	.....
7	.....	.....

Protocole de répétabilité sur dix acquisitions

Étape	Action ou donnée à relever	Résultat ou critère attendu
Conditions maintenues constantes	.....	.....
Valeur enregistrée à chaque acquisition	.....	.....
Calcul statistique	.....	.....
Décision de conformité	.....	.....

Analyse des risques et contrôles de sécurité

Situation de travail	Danger ou événement redouté	Mesure de prévention	Contrôle ou trace à conserver
Réglage de l'axe optique	.....	.....	.....
Raccordement et essai électrique	.....	.....	.....
Usinage ou retouche de la plaque support	.....	.....	.....
Intervention de maintenance	.....	.....	.....

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.