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 E5 : ANALYSE ET MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME OPTIQUE

SESSION 2026

Durée : 6 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SYSTÈMES PHOTONIQUES	5

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 matériel professionnel nécessaire est fourni : banc optique, source laser sécurisée, lentilles, écrans, détecteur, alimentation, instruments de mesure et documents techniques joints au sujet. Aucun document personnel n'est autorisé.

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 : PHOTONIQUE ATLANTIQUE, LABORATOIRE D'INTÉGRATION OPTIQUE, MÉRIGNAC

Le laboratoire Photonique Atlantique prépare un module d'éclairage laser destiné à un banc de contrôle industriel. Vous devez mettre en œuvre et caractériser un expanseur de faisceau de type Kepler, puis vérifier le comportement temporel de son détecteur de contrôle.

Le module comporte une diode laser rouge de longueur d'onde $\lambda = 635\ \text{nm}$, une première lentille convergente de focale image $f'_1 = 25,0\ \text{mm}$, une seconde lentille convergente de focale image $f'_2 = 100,0\ \text{mm}$ et une photodiode. Le faisceau incident est collimaté et son diamètre mesuré à $1/e^2$ vaut $d_\text{e} = 1,20\ \text{mm}$.

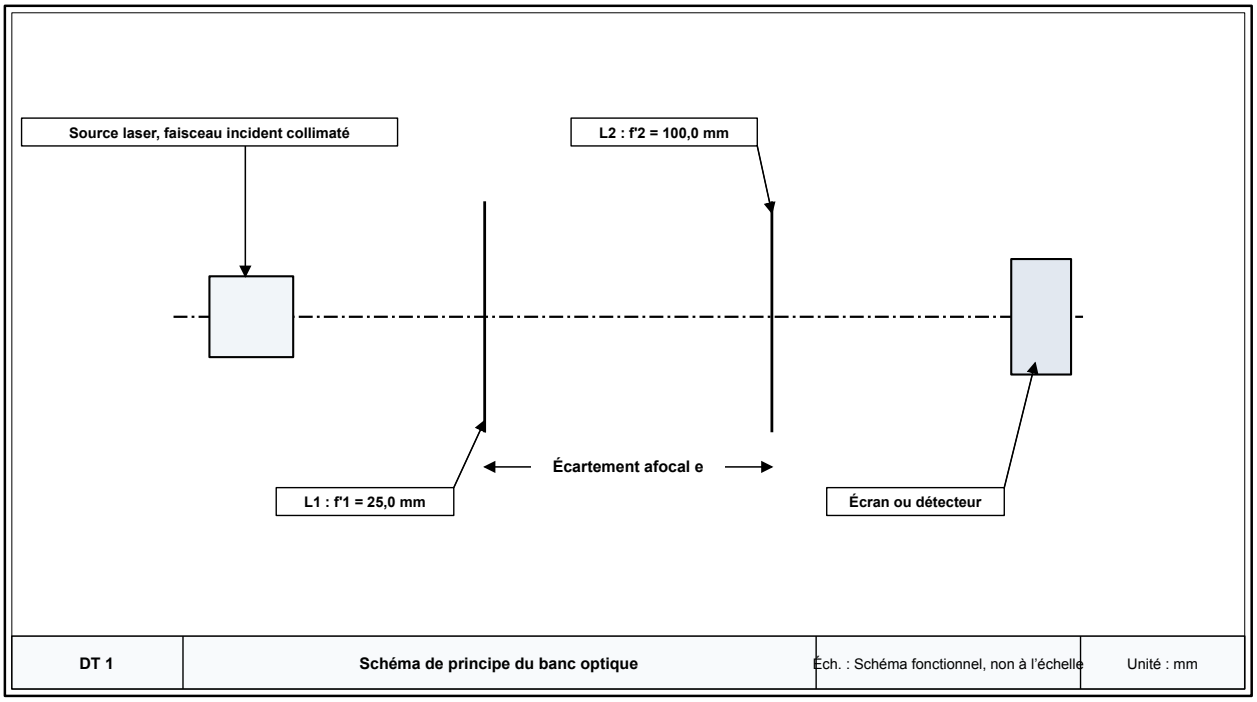
Le cahier des charges demande un grandissement transversal en valeur absolue égal à 4, un diamètre de sortie voisin de $4,80\ \text{mm}$ et une variation du diamètre ne dépassant pas $0,60\ \text{mm}$ entre la sortie et un écran situé à $2,00\ \text{m}$. Vous devez renseigner le document réponse DR 1. Les manipulations, la sécurité, la qualité des réglages et la présentation des résultats sont évaluées pendant l'épreuve.

Ne regardez jamais directement le faisceau ni ses réflexions spéculaires. Utilisez les écrans de visualisation fournis et maintenez le faisceau à hauteur de l'axe du banc.

Exercice 1 : Analyse du système et préparation de la mise en œuvre (4 points)

Analyse fonctionnelle, calcul optique et sécurité

À partir du cahier des charges et du document technique DT 1, préparez le montage avant toute mise sous tension. Les lentilles sont minces et utilisées dans les conditions de Gauss. Pour un système afocal formé de deux lentilles convergentes, le grandissement transversal en valeur absolue est $|\gamma| = f'_2/f'_1$, et l'écartement afocal est $e = f'_1 + f'_2$.



1.1 (1,5 point) Calculez le grandissement transversal théorique en valeur absolue et le diamètre de sortie théorique du faisceau. Présentez les unités et concluez sur la conformité au diamètre demandé.

1.2 (1 point) Calculez l'écartement afocal théorique des deux lentilles. Indiquez l'ordre des éléments sur le banc et la position de départ de chaque lentille par rapport à la première.

1.3 (1,5 point) Avant la mise sous tension, réalisez le contrôle de sécurité et préparez le poste conformément aux consignes du contexte et de DT 1. Reportez sur DR 1 les valeurs théoriques calculées et les vérifications de sécurité demandées.

Exercice 2 : Montage et alignement de l'expanseur (6 points)

Mise en œuvre expérimentale et réglage d'un système afocal

La source fournie est une diode laser rouge de puissance accessible inférieure à $1,0\ \mathrm{mW}$. Le banc est gradué en millimètres et son axe est réglé à $100\ \mathrm{mm}$ au-dessus de la table. Les supports de lentilles peuvent être translatés longitudinalement et transversalement.

Montez le système dans l'ordre défini à l'exercice 1. Utilisez les écrans de contrôle pour centrer le faisceau. Le critère de réglage est un faisceau de sortie centré sur l'axe du banc, sans vignettage, et dont le diamètre mesuré à la sortie est compris entre $4,50\ \mathrm{mm}$ et $5,10\ \mathrm{mm}$.

Critères de contrôle du montage

Grandeur contrôlée	Valeur ou critère	Résultat à relever
Hauteur de l'axe optique	100 mm	.....
Écartement entre L1 et L2	Valeur théorique calculée à la question 1.2	.....
Diamètre du faisceau de sortie	4,50 mm à 5,10 mm	.....
Centrage du faisceau sur les écrans	Écart inférieur ou égal à 1 mm	.....

Valeurs à vérifier pendant le réglage expérimental.

2.1 (2 points) Réalisez le montage et alignez les éléments. Faites vérifier par l'examinateur le respect de l'ordre optique, la hauteur de l'axe, le centrage du faisceau et l'absence de vignettage. Consignez les contrôles et les corrections effectuées dans DR 1.

2.2 (2 points) Mesurez le diamètre du faisceau incident et celui du faisceau après L2, à l'aide de l'écran gradué ou du dispositif de mesure fourni. Calculez le grandissement expérimental $\gamma_{\text{exp}} = d_{\text{s}}/d_{\text{e}}$, puis comparez-le à la valeur théorique. Reportez les mesures et le calcul dans DR 1.

2.3 (2 points) Réglez finement l'écartement des lentilles pour obtenir le faisceau de sortie le plus collimaté possible sur la longueur disponible du banc. Indiquez l'écartement final retenu, le critère expérimental utilisé et la valeur du diamètre mesuré à la sortie. L'examinateur évalue la méthode de réglage et la stabilité du montage.

Exercice 3 : Caractérisation de la propagation du faisceau (6 points)

Exploitation de mesures, représentation graphique et validation du cahier des charges

Après réglage, le diamètre du faisceau a été mesuré à plusieurs distances z de la sortie de l'expanseur. Les valeurs de référence sont fournies dans le tableau et représentées sur le graphique. Le modèle de propagation retenu pour l'exploitation est $d(z) = d_0\sqrt{1 + (z/z_R)^2}$, où $d_0 = 4,80\ \text{mm}$ et $z_R = 4,00\ \text{m}$.

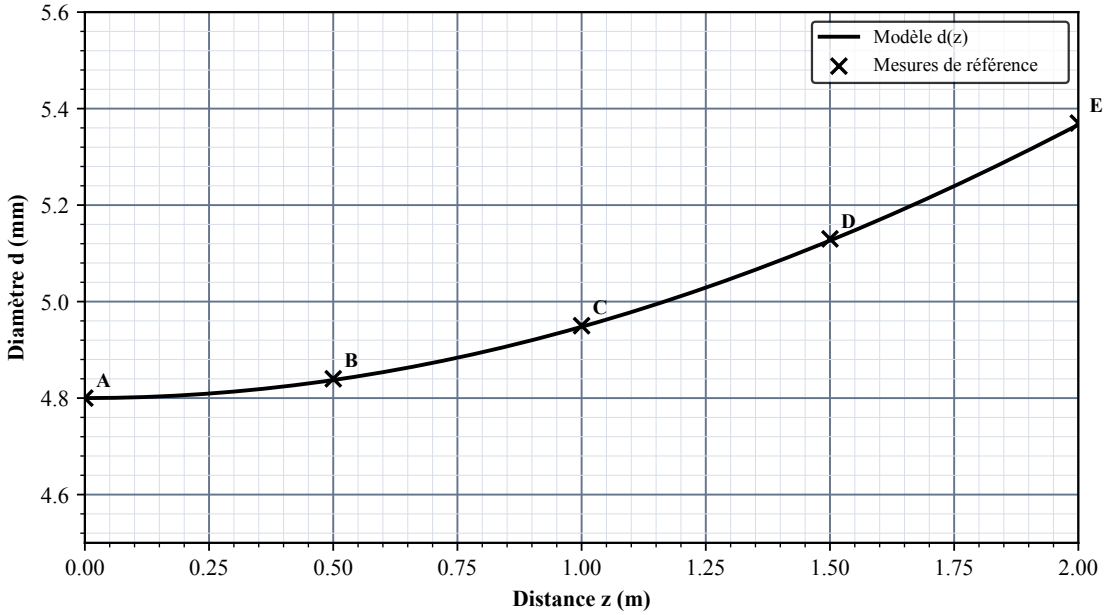
Pour une estimation expérimentale simple de la divergence demi-angulaire sur la distance L, on utilisera l'approximation paraxiale $\theta \simeq [d(L) - d(0)]/(2L)$, avec les diamètres exprimés dans la même unité de longueur que L.

Mesures de référence du diamètre du faisceau

Distance z (m)	Diamètre d (mm)
0,00	4,80
0,50	4,84
1,00	4,95
1,50	5,13
2,00	5,37

Diamètre mesuré à 1/e² en fonction de la distance à la sortie de l'expanseur.

Évolution du diamètre du faisceau en fonction de la distance



Points : mesures de référence. Courbe : modèle de propagation fourni.

3.1 (2 points) À partir des points du tableau, placez les mesures sur le document réponse DR 1 et tracez une courbe régulière. Identifiez les axes, leurs unités et le point correspondant à $z = 2,00\ \text{m}$.

3.2 (2 points) Déterminez la variation du diamètre entre $z = 0$ et $z = 2,00\ \text{m}$, puis calculez la divergence demi-angulaire expérimentale en milliradians à l'aide de la relation fournie. Donnez le résultat avec un nombre de chiffres significatifs adapté.

3.3 (2 points) Comparez la variation mesurée au seuil de $0,60\ \text{mm}$ fixé par le cahier des charges. Concluez sur la conformité du faisceau et signalez au moins une cause expérimentale pouvant expliquer un écart entre le modèle et une mesure réelle.

Exercice 4 : Réponse temporelle du détecteur (4 points)

Mesure d'un photodétecteur et exploitation d'un modèle exponentiel

La photodiode de contrôle est éclairée par le faisceau de sortie. Après un échelon lumineux appliqué à $t = 0$, la tension de sortie suit le modèle $V(t) = V_\infty(1 - \exp(-t/\tau))$, avec $V_\infty = 2,00\ \text{V}$ et une constante de temps nominale $\tau = 0,40\ \text{s}$.

La dérivée du modèle est $V'(t) = (V_\infty/\tau)\exp(-t/\tau)$. Le temps de réponse à 90 % peut être calculé à partir de $V(t_{90}) = 0,90 V_\infty$. Les mesures de référence ci-dessous ont été relevées avec un oscilloscope et une photodiode correctement polarisée.

Réponse temporelle de la photodiode

Temps t (s)	Tension V (V)
0,00	0,000
0,20	0,787
0,40	1,264
0,80	1,729
1,20	1,900

Tension mesurée après l'application de l'échelon lumineux.

4.1 (1,5 point) Calculez la dérivée initiale $V'(0)$ avec le modèle nominal. Donnez son unité et interprétez-la comme la pente initiale de la réponse temporelle.

4.2 (1,5 point) Déterminez le temps nominal t_{90} nécessaire pour atteindre 90 % de la tension finale. Écrivez l'équation obtenue, utilisez le logarithme népérien et donnez le résultat en secondes.

4.3 (1 point) À partir du tableau, relevez la tension à $0,40$ s et calculez la proportion de la tension finale atteinte à cet instant. Comparez cette proportion à la valeur attendue au bout d'une constante de temps et concluez sur la cohérence des mesures avec le modèle.

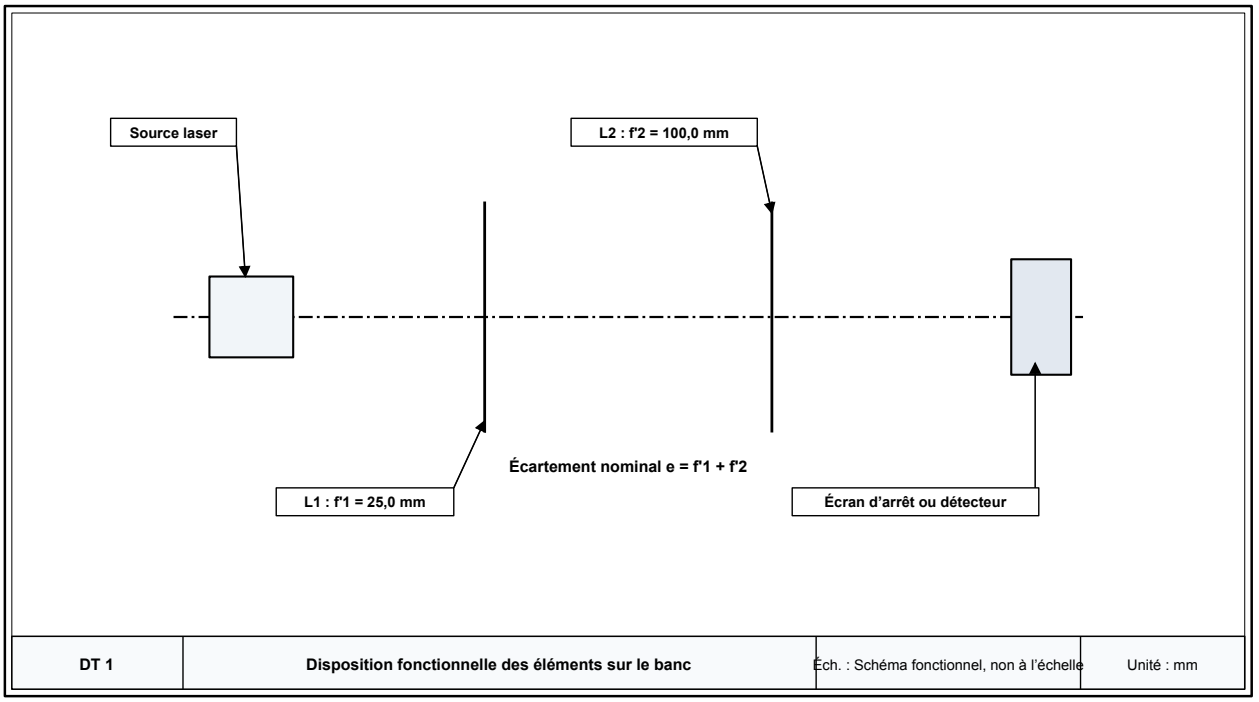
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE ET DONNÉES DES COMPOSANTS OPTIQUES

Les deux lentilles sont convergentes, minces et traitées antireflet pour la longueur d'onde rouge. Les valeurs nominales sont $f'_1 = 25,0\ \text{mm}$ et $f'_2 = 100,0\ \text{mm}$. Pour un expanseur de Kepler afocal, l'écartement nominal des lentilles vaut $e = f'_1 + f'_2$, et le rapport des diamètres en sortie et en entrée vaut $d_\text{s}/d_\text{e} = f'_2/f'_1$.

La source laser doit être utilisée uniquement avec les écrans de visualisation fournis. Avant toute modification du montage, mettez la source hors tension. Vérifiez que les composants sont fixés, que le trajet du faisceau reste horizontal et que l'écran d'arrêt est placé en fin de trajet.



NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 1.3, 2.1, 2.2 et 3.1 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Complétez directement les tableaux. Pour la question 3.1, reportez les points du tableau de mesures de l'exercice 3 sur le repère millimétré fourni avec le sujet, puis tracez la courbe et renseignez les axes avec leurs unités.

Préparation, réglage et mesures de l'expanseur

Élément à renseigner	Valeur ou observation du candidat
Grandissement théorique en valeur absolue	.....
Diamètre de sortie théorique (mm)	.....
Écartement afocal théorique (mm)	.....
Source hors tension pendant le montage : oui ou non	.....
Écran d'arrêt en fin de trajet : oui ou non	.....
Hauteur de l'axe optique vérifiée (mm)	.....
Écartement final réglé entre L1 et L2 (mm)	.....
Diamètre incident mesuré (mm)	.....
Diamètre de sortie mesuré (mm)	.....
Grandissement expérimental	.....
Corrections d'alignement effectuées	.....

Compléter les cases repérées par des points de suspension.

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.