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

BTS Systèmes photoniques, E4.2 : Conception et industrialisation d’un système optique

Session 2026 • Code sujet : **26-BTS-SP-E42** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Dimensionnement de l’objectif (4 questions) **Page 3**

2. Vérification des performances optiques (3 questions) **Page 5**

3. Tolérancement de la mise au point (3 questions) **Page 7**

4. Contrôle dimensionnel et industrialisation (3 questions) **Page 8**

5. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://btssp.fr/assets/annales/bts-sp/E4.2 - Conception et industrialisation d’un système optique/2026/BTS SP - E 4.2 - Conception et industrialisation d’un système optique - Session 2026 - 1-Sujet.pdf

1. Dimensionnement de l’objectif

Photonis Mesure conçoit un module d’imagerie pour le contrôle dimensionnel, avec une lentille mince de focale 50,0 mm placée à 300 mm de l’objet. Il faut déterminer la formation et la taille de l’image sur le capteur, puis caractériser l’ouverture de l’objectif.

Question 1.1. Calculer la distance image p′ entre la lentille et le capteur, en présentant la relation utilisée et le résultat en millimètres.

La relation de conjugaison donnée est $\frac{1}{f'} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$. En isolant la distance image, on obtient $p' = \frac{1}{\frac{1}{f'} - \frac{1}{p}}$. Avec $f' = 50,0$ mm et $p = 300$ mm : $p' = \frac{1}{\frac{1}{50} - \frac{1}{300}} = 60$ mm. La valeur positive situe le capteur après la lentille, dans le sens de propagation de la lumière.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Distance image nominale : $p' = 60$ mm entre la lentille et le capteur.

Question 1.2. Calculer le grandissement transversal γ, puis la taille de l’image de la zone objet de hauteur 28 mm. Préciser le sens de l’image.

Le grandissement transversal vaut $\gamma = -\frac{p'}{p} = -\frac{60}{300} = -0,20$. Pour une hauteur objet de 28 mm, la hauteur algébrique de l’image est $h' = \gamma h = -0,20 \times 28 = -5,6$ mm. La taille de l’image est donc $5,6$ mm. Le signe négatif du grandissement indique que l’image réelle est renversée par rapport à l’objet.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\gamma = -0,20$; l’image est renversée et sa hauteur vaut $5,6$ mm.

Question 1.3. Vérifier par un calcul si l’image de la zone objet tient dans la largeur utile du capteur.

Grandeur comparée	Valeur
Hauteur de l’image	$28 \times 60/300 = 5,6$ mm
Largeur utile du capteur	5,6 mm

La hauteur de l’image est égale à la largeur utile annoncée pour le capteur. Elle tient donc exactement dans cette dimension, sans marge de cadrage. La comparaison porte ici sur les dimensions chiffrées dans l’énoncé, comme demandé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui : l’image de $5,6$ mm tient exactement dans les $5,6$ mm utiles du capteur.

Question 1.4. Calculer le nombre d'ouverture N = f'/D de l'objectif, puis en déduire l'ouverture numérique dans l'air avec l'approximation paraxiale ON ≃ 1/(2N).

Le nombre d'ouverture est le rapport de la focale au diamètre du diaphragme : $N = \frac{f'}{D} = \frac{50,0}{12,5} = 4,0$. Dans l'air, l'approximation paraxiale donne $ON \simeq \frac{1}{2N}$, soit $ON \simeq \frac{1}{2\times 4,0} = 0,125$. Ces deux grandeurs sont sans dimension. Le résultat caractérise l'ouverture de l'objectif selon les valeurs nominales fournies.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Nombre d'ouverture : $N = 4,0$; ouverture numérique dans l'air : $ON \simeq 0,125$, sans dimension.

2. Vérification des performances optiques

Les mesures de fonction de transfert de modulation de l'objectif sont comparées à l'exigence du cahier des charges, fixée à 0,30 à 40 lp/mm. L'exercice demande aussi d'établir le bilan de transmission et le flux transmis par le module à partir de composants optiques en série.

Question 2.1. À l'aide du tableau ou du graphique, relever la FTM mesurée à 40 lp/mm et conclure sur le respect de l'exigence du cahier des charges.

À 40 lp/mm, le tableau de mesures indique une FTM de 0,24. Le cahier des charges demande une valeur au moins égale à 0,30 à cette même fréquence. La comparaison porte donc directement sur les deux valeurs :

- FTM mesurée : 0,24 ;
- seuil requis : 0,30 ;
- écart : $0,24 - 0,30 = -0,06$.

La mesure est inférieure au seuil : l'objectif ne satisfait pas l'exigence de qualité d'image à 40 lp/mm.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> FTM(40 lp/mm) = 0,24 : exigence non respectée.

Question 2.2. Estimer par interpolation linéaire la fréquence spatiale pour laquelle la FTM vaut 0,30. Utiliser les deux mesures encadrant ce seuil et détailler le calcul.

Le seuil de FTM 0,30 est encadré par les mesures (30 lp/mm ; 0,42) et (40 lp/mm ; 0,24). En supposant une évolution linéaire entre ces deux points, la fréquence recherchée vaut :

$f = 30 + \frac{0,42-0,30}{0,42-0,24}(40 - 30) = 36,7\ \mathrm{lp/mm}.$

La fréquence correspondant au seuil est donc estimée à 36,7 lp/mm. Cette interpolation est une estimation entre les mesures disponibles, et non une mesure directe au banc.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Fréquence estimée pour une FTM de 0,30 : 36,7 lp/mm.

Question 2.3. À partir des transmissions de la lentille, du filtre et de la fenêtre de protection, calculer la transmission totale du module puis le flux transmis en milliwatts.

Les trois composants sont traversés en série : leurs transmissions se multiplient. Le flux transmis s'obtient ensuite en appliquant la transmission totale au flux incident de 2,00 mW.

Grandeur	Calcul	Résultat
Transmission totale	0,96 × 0,98 × 0,92	0,865536, soit 86,55 %
Flux transmis	2,00 × 0,865536	1,731072 mW

La transmission globale est donc proche de 0,866. Le flux restant après la lentille, le filtre et la fenêtre de protection est d’environ 1,73 mW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Transmission totale : 86,55 % ; flux transmis : 1,73 mW.

3. Tolérancement de la mise au point

La position de l'image varie avec les tolérances de la focale et de la distance objet, et les sensibilités au premier ordre sont fournies. Il faut cumuler les contributions au pire des cas, ajouter la tolérance mécanique du capteur et juger la conformité, en proposant un réglage si nécessaire.

Question 3.1. Calculer les valeurs nominales des sensibilités de p′ par rapport à f′ et à p au point f′ = 50,00 mm et p = 300,0 mm. Donner les unités de chaque sensibilité.

Au point nominal, avec les sensibilités fournies : $\frac{\partial p'}{\partial f'} = \frac{300^2}{(300-50)^2} = 1{,}44$ et $\frac{\partial p'}{\partial p} = -\frac{50^2}{(300-50)^2} = -0{,}040$. Chaque sensibilité est un rapport de longueurs, en mm/mm, donc sans dimension.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\partial p'/\partial f' = 1{,}44$ et $\partial p'/\partial p = -0{,}040$, sans dimension.

Question 3.2. Évaluer au premier ordre la variation maximale de p′ due aux tolérances de focale et de distance objet, en cumulant les contributions au pire des cas. Présenter le résultat en millimètres.

1. Contribution de la tolérance de focale : $1{,}44 \times 0{,}01 = 0{,}0144$ mm.
2. Contribution de la tolérance de distance objet : $|-0{,}040| \times 0{,}5 = 0{,}020$ mm.

Au pire des cas, les valeurs absolues s'additionnent : $0{,}0144 + 0{,}020 = 0{,}0344$ mm.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Variation maximale de p' : $\pm 0{,}0344$ mm.

Question 3.3. Ajouter la tolérance de positionnement mécanique du capteur et vérifier la conformité à l'exigence de ±0,050 mm. Si l'assemblage n'est pas conforme, proposer une action d'industrialisation permettant de régler ou de compenser la mise au point.

Le cumul au pire des cas avec la tolérance mécanique du capteur donne $0{,}0344 + 0{,}020 = 0{,}0544$ mm.

- Conformité : non, car $0{,}0544 > 0{,}050$ mm.
- Industrialisation : prévoir un réglage axial du capteur, puis le verrouiller après contrôle de la mise au point.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Non conforme : $\pm 0{,}0544$ mm dépasse $\pm 0{,}050$ mm. Prévoir un réglage axial du capteur.

4. Contrôle dimensionnel et industrialisation

Le contrôle porte sur l'alésage de centrage du support d'objectif, de diamètre nominal 25,00 mm et de limites admissibles inclusives de 24,95 mm et 25,05 mm. Les mesures de cinq pièces du lot pilote sont fournies avec une résolution instrumentale de 0,01 mm, et le contrôle de série doit assurer la traçabilité.

Question 4.1. Compléter dans le document réponse DR 1 la décision de conformité de chaque pièce à partir de la spécification donnée.

La plage admissible est fermée : toute mesure de 24,95 mm à 25,05 mm inclusivement est conforme. Je reporte dans le DR 1 la décision correspondant à chaque diamètre mesuré, sans arrondir les valeurs fournies. La résolution de 0,01 mm est cohérente avec leur précision.

Pièce	Mesure (mm)	Décision
P1	24,98	Conforme
P2	25,01	Conforme
P3	25,04	Conforme
P4	25,06	Non conforme
P5	24,97	Conforme

Seule P4 dépasse la limite supérieure de 25,05 mm. Les quatre autres pièces restent dans l'intervalle spécifié : inscrivez ces décisions dans la dernière colonne du document réponse.

Décisions de conformité inscrites dans le DR 1

Repère pièce	Diamètre mesuré (mm)	Décision de conformité
P1	24,98	Conforme
P2	25,01	Conforme
P3	25,04	Conforme
P4	25,06	Non conforme
P5	24,97	Conforme

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

P1, P2, P3 et P5 sont conformes. P4 est non conforme, car sa mesure de 25,06 mm dépasse la limite supérieure de 25,05 mm.

Question 4.2. Déterminer le nombre de pièces conformes et non conformes dans le lot pilote, puis calculer l'étendue des mesures E = xmax − xmin.

L'intervalle de conformité est [24,95 ; 25,05] mm, bornes incluses : P1, P2, P3 et P5 sont conformes, tandis que P4 est hors limite. Le lot comporte donc quatre pièces conformes et une non conforme. La plus petite mesure est 24,97 mm (P5) et la plus grande est 25,06 mm (P4). L'étendue vaut $E = x_{max} - x_{min} = 25{,}06 - 24{,}97 = 0{,}09$ mm.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le lot comprend 4 pièces conformes et 1 non conforme ; l'étendue des mesures est de 0,09 mm.

Question 4.3. Citer deux informations qui doivent figurer dans l'enregistrement de contrôle pour assurer la traçabilité en production.

L'enregistrement doit permettre de relier sans ambiguïté le résultat et la décision à la pièce contrôlée, puis de prouver que l'instrument était apte au moment de la mesure. Il comporte notamment :

- l'identification de la pièce ou du lot, la valeur mesurée, la date du contrôle et la décision de conformité ;
- l'identification de l'instrument et son statut de vérification ou d'étalonnage, ainsi que l'identification de l'opérateur.

Ces éléments assurent la traçabilité de la mesure et permettent de justifier la décision enregistrée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Enregistrer l'identification de la pièce, la mesure, la décision et la date, ainsi que l'identifiant et le statut de l'instrument de contrôle.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2026)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve BTS Systèmes photoniques E4.2, session 2026, code 26-BTS-SP-E42, dure 4 heures et vaut coefficient 3. Elle porte sur un module d'imagerie pour le contrôle dimensionnel de pièces mécaniques. Les exercices évaluent le dimensionnement d'un objectif, l'analyse de la FTM et des transmissions, le tolérancement de la mise au point et la conformité dimensionnelle avec traçabilité en production.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une lentille mince, la relation de conjugaison donnée est 1/f′ = 1/p + 1/p′.
- Le grandissement est γ = −p′/p; son signe indique le sens de l'image et sa valeur absolue le rapport des tailles.
- Pour des composants optiques en série, la transmission totale est le produit des transmissions et le flux transmis vaut Φ0 fois cette transmission.
- Au premier ordre, le cumul au pire des cas additionne les valeurs absolues des produits sensibilité-tolérance.

Points de vigilance & attentes du jury

- Respecter la convention de distances du sujet et donner les unités des résultats numériques.
- Pour l'interpolation de la FTM, utiliser les deux mesures qui encadrent 0,30 et montrer le calcul.
- Cumuler les contributions de tolérance au pire des cas et ajouter celle du positionnement mécanique du capteur.
- Appliquer les limites de conformité bornes incluses et rendre le document réponse DR 1 avec la copie.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la position de l'image avec la relation de conjugaison ?

Utilisez la relation fournie, 1/f′ = 1/p + 1/p′, en respectant la convention de distances du sujet. Isolez p′, remplacez les valeurs en millimètres et indiquez le résultat avec son unité.

Q : Comment estimer la fréquence spatiale correspondant au seuil de FTM ?

Repérez les deux mesures dont les valeurs de FTM encadrent 0,30. Interpolez linéairement entre ces points et présentez les fréquences, les valeurs de FTM utilisées et le calcul.

Q : Comment organiser les quatre heures de cette épreuve ?

Les quatre exercices sont indépendants, ce qui permet de les traiter dans l'ordre choisi. Gardez du temps pour vérifier les calculs et les unités, et n'oubliez pas de rendre le document réponse DR 1 avec la copie.

Q : Quels critères de conformité et de notation faut-il respecter ?

Présentez les relations utilisées, justifiez les conclusions et accompagnez les résultats numériques de leurs unités. Pour les pièces, appliquez les limites internes de 24,95 mm à 25,05 mm, bornes incluses; aucune grille détaillée n'est fournie.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btssp.fr/assets/annales/bts-sp/E4.2 - Conception et industrialisation d'un système optique/2026/BTS SP - E4.2 - Conception et industrialisation d'un système optique - Session 2026 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Systèmes Photoniques : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

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.