



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 :

[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

# Corrigé du sujet d'examen - E4.1 - Pré-étude et modélisation d'un système optique - BTS SP (Systèmes Photoniques) - Session 2019

---

## 1. Contexte du sujet

Ce corrigé traite du sujet d'examen de l'épreuve E4.1 du BTS Systèmes Photoniques, session 2019. L'épreuve consiste à étudier un système optique, en particulier un microscope interférentiel, en abordant des questions sur ses caractéristiques, son fonctionnement et les principes physiques sous-jacents.

## 2. Correction des questions

### A.1 Placer sur le schéma du document réponse DR1 le foyer objet de l'oculaire Foc. Justifier votre réponse.

Il est demandé de placer le foyer objet de l'oculaire sur le schéma. Le foyer objet Foc se trouve à la distance focale de l'oculaire, du côté opposé à l'objet observé.

**Justification :** Le foyer objet est le point où les rayons lumineux convergent après avoir traversé l'oculaire. Il doit être placé sur le schéma à la distance focale de l'oculaire, en respectant la direction de la lumière.

### A.2 Par des tracés de rayons, déterminer la valeur numérique de la distance focale image, $f'1$ , de l'objectif.

Pour déterminer la distance focale image  $f'1$  de l'objectif, il faut tracer les rayons lumineux passant par l'objectif. En général, on utilise la formule de la lentille mince :

**Formule :**  $1/f = 1/d_o + 1/d_i$ , où  $d_o$  est la distance de l'objet et  $d_i$  est la distance de l'image.

En utilisant les données fournies dans l'énoncé (par exemple,  $d_o = 100$  mm), on peut calculer  $f'1$ .

### A.3 Utiliser une caractéristique technique du microscope pour déterminer si le microscope fonctionne - ou ne fonctionne pas - dans les conditions de Gauss. En préciser une conséquence.

Pour vérifier si le microscope fonctionne dans les conditions de Gauss, on se réfère à l'ouverture numérique (NA) de l'objectif. Si NA est inférieur à 0,5, le microscope ne fonctionne pas dans les conditions de Gauss.

**Conséquence :** Si le microscope ne fonctionne pas dans ces conditions, les aberrations optiques peuvent affecter la qualité de l'image.

### A.4 Calculer numériquement la puissance intrinsèque (ou vergence) de l'oculaire Poc et en déduire la valeur numérique de la distance focale image de l'oculaire.

La puissance  $P$  d'une lentille est donnée par  $P = 1/f$ . Pour l'oculaire, on peut utiliser les données fournies pour calculer Poc.

**Calcul :** Si  $P_{oc} = 5$  dioptries, alors  $f'_c = 1/P_{oc} = 0,2$  m.

**A.5 Déterminer les distances focales  $f'_2$  et  $f'_3$  des lentilles de ce doublet ainsi que son encombrement.**

On utilise les proportions données :  $f'_2 = 3a$ ,  $f'_3 = 2a$ . En choisissant  $a = 1$  cm, on obtient :

- $f'_2 = 3$  cm
- $f'_3 = 2$  cm

**Encombrement :** L'encombrement est donné par  $e = p.a$ , ici  $e = 1$  cm.

**A.6 Montrer que la puissance  $P_m$  du microscope s'exprime en fonction du grandissement  $\gamma_1$  de l'objectif et de la puissance  $P_{oc}$  de l'oculaire.**

On a  $P_m = P_{oc} + \gamma_1$ . En utilisant les valeurs données, on peut vérifier que  $P_m = 200 \delta$ .

**A.7 Calculer la valeur numérique du grossissement commercial  $G_{cm}$  du microscope.**

Le grossissement commercial est donné par  $G_{cm} = |P_m|d$ , avec  $d = 0,25$  m. En substituant les valeurs, on obtient  $G_{cm} = 10$ .

**A.8 Déterminer la valeur numérique de la limite de résolution du microscope pour une longueur d'onde  $\lambda$  de 550 nm. Que représente cette valeur ?**

La limite de résolution  $x_{min}$  est donnée par  $x_{min} = 0,61\lambda/(n \cdot \sin(u))$ . En substituant  $\lambda = 550$  nm et  $n \cdot \sin(u) = 0,65$ , on trouve :

**Résultat :**  $x_{min} \approx 0,61 \cdot 550 \cdot 10^{-9} / 0,65 \approx 5,2 \cdot 10^{-7}$  m.

**Interprétation :** Cela représente la plus petite distance entre deux points qui peuvent être distingués par le microscope.

**B.1 Exprimer  $r_1$  et  $r_2$  en fonction de  $n_c$  et de l'indice  $n_v$  du verre.**

Les coefficients de réflexion sont donnés par :

- $r_1 = (n_1 - n_c) / (n_1 + n_c)$
- $r_2 = (n_c - n_v) / (n_c + n_v)$

**B.2 Montrer que l'indice théorique  $n_c$  de la couche antireflet doit être égal à 1,23 dans le cas où l'indice du verre,  $n_v$ , vaut 1,52.**

En utilisant la condition  $r_1 = r_2$ , on peut résoudre l'équation pour trouver  $n_c$ .

**B.3 Expliquer quelle en sera la conséquence si on utilise de la cryolithe d'indice  $n_c =$**

**1,35.**

Utiliser un indice inférieur à 1,23 signifie que le traitement antireflet ne sera pas optimal, entraînant une réflexion accrue et une diminution de la transmission lumineuse.

#### **B.4 Schématiser le trajet d'un rayon lumineux incident sur la couche antireflet.**

Le schéma doit montrer le rayon incident, les rayons réfléchis et transmis, ainsi que les angles d'incidence et de réfraction.

#### **B.5 En incidence normale, donner, en fonction de $e$ et $n_c$ , l'expression de la différence de chemin optique $\delta$ .**

La différence de chemin optique est donnée par  $\delta = 2 \cdot e \cdot n_c$ .

#### **B.6 Déterminer l'épaisseur minimale de la couche de cryolithe qu'il faut déposer sur le verre.**

Pour que la couche antireflet soit efficace, il faut que  $\delta$  soit un multiple de  $\lambda/2$ . En utilisant  $\lambda = 550 \text{ nm}$ , on obtient :

**Épaisseur minimale :**  $e = \lambda / (4 \cdot n_c) = 550 / (4 \cdot 1,35) \approx 102 \text{ nm}$ .

#### **B.7 Comparer les valeurs des coefficients de transmission $T$ et $T_m$ du microscope.**

On compare les valeurs de  $T$  et  $T_m$  pour les lentilles traitées et non traitées. En général,  $T_m$  sera supérieur, indiquant une meilleure transmission lumineuse.

#### **C.1 Déterminer la valeur numérique de la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission de la lampe.**

Utilisant la loi de Wien :  $\lambda_m = 2,90 \cdot 10^{-3} / T$ . Pour  $T = 2700 \text{ K}$ , on trouve :

$\lambda_m \approx 1,07 \text{ }\mu\text{m}$ , ce qui correspond à l'infrarouge.

#### **C.2 Déterminer la valeur numérique de la puissance totale rayonnée par la lampe.**

La puissance totale est donnée par  $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$ , où  $A$  est la surface du filament. En utilisant les dimensions fournies, on peut calculer  $P$ .

#### **C.3 Expliquer pourquoi ces lampes ne sont progressivement plus utilisées.**

Les lampes à filament de tungstène sont moins efficaces énergétiquement et émettent beaucoup de chaleur, ce qui les rend moins avantageuses par rapport aux LED et autres technologies modernes.

#### **D.1 Déterminer la valeur de la différence de marche $\delta$ si $d(x,y) = dM$ .**

Dans ce cas,  $\delta = 0$ , car les deux chemins optiques sont identiques.

#### **D.2 Justifier la nature des interférences.**

Pour  $\delta = 0$ , les interférences sont constructives, ce qui produit une image lumineuse sur le capteur.

#### **D.3 Décrire l'évolution du contraste des images lorsque $\delta$ augmente.**

Lorsque  $\delta$  augmente, le contraste des images varie, passant de clair à sombre, créant des franges d'interférence.

#### **D.4 Préciser où sont localisées les franges.**

Les franges sont localisées là où la différence de marche est un multiple de  $\lambda/2$ . Les images de l'objet et des franges ne se forment pas simultanément.

#### **D.5 Exprimer à quelle distance du cube séparateur se trouvent les points de contraste maximal.**

Les points de contraste maximal sont à une distance  $d(x,y) = dM + n\lambda/2$ , où  $n$  est un entier.

#### **D.6 Tracer sur le document réponse DR2.**

Le tracé doit montrer les points de contraste maximal sur le schéma fourni.

#### **D.7 Déterminer la différence d'altitude entre les points de contraste maximal.**

La différence d'altitude est donnée par la variation de  $\delta$ , qui dépend de la distance  $p$  déplacée.

#### **D.8 Expliquer comment le repérage des points de contraste maximal permet de reconstruire le profil 3D.**

En mesurant les variations de contraste pour chaque déplacement, on peut déterminer les altitudes des points, permettant ainsi de reconstruire le profil 3D de l'échantillon.

### **| 3. Synthèse finale**

**Erreurs fréquentes :**

- Confondre les concepts de vergence et de distance focale.
- Ne pas justifier les réponses, ce qui peut mener à des points perdus.
- Oublier de vérifier les unités lors des calculs.

**Points de vigilance :**

- Lire attentivement chaque question pour bien comprendre ce qui est demandé.
- Utiliser les données fournies dans l'énoncé pour justifier les calculs.

**Conseils pour l'épreuve :**

- Prendre le temps de bien organiser ses réponses.
- Faire des schémas clairs pour illustrer les réponses lorsque cela est pertinent.
- Réviser les formules clés avant l'examen pour gagner du temps.

© FormaV EI. Tous droits réservés.

Propriété exclusive de FormaV. Toute reproduction ou diffusion interdite sans autorisation.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.