

# PROGRAMME DE COLLES

# SUP MPSI 2

Semaine 2

Du 25 au 29 septembre 2023.

## OPTIQUE GEOMETRIQUE :

### Optique 1

### PROPAGATION DE LA LUMIERE

*EN COURS ET TD.*

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1.1. Formation des images</b>	
<b>Sources lumineuses</b> Modèle de la source ponctuelle monochromatique. Spectre.	Caractériser une source lumineuse par son spectre. Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.
<b>Modèle de l'optique géométrique</b> Modèle de l'optique géométrique. Notion de rayon lumineux. Indice d'un milieu transparent.	Définir le modèle de l'optique géométrique. Indiquer les limites du modèle de l'optique géométrique.
Réflexion, réfraction. Lois de Snell-Descartes.	Établir la condition de réflexion totale.
La fibre optique à saut d'indice.	Établir les expressions du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice.

### Optique 2 MIROIRS PLANS – STIGMATISME ET APPROXIMATION DE GAUSS

*EN COURS ET TD.*

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>Conditions de l'approximation de Gauss et applications</b> Stigmatisme. Miroir plan.	Construire l'image d'un objet par un miroir plan.
Conditions de l'approximation de Gauss.	Énoncer les conditions de l'approximation de Gauss et ses conséquences. Relier le stigmatisme approché aux caractéristiques d'un détecteur.

### Optique 3 LENTILLES MINCES DANS L'APPROXIMATION DE GAUSS

*EN COURS ET TD.*

Notions et contenus	Capacités exigibles
Lentilles minces dans l'approximation de Gauss.	Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle. Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton. Établir et utiliser la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.
L'appareil photographique.	Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>Modèles de quelques dispositifs optiques</b> L'œil. Punctum proximum, punctum remotum.	Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur plan fixe. Citer les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.
L'appareil photographique.	Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur. Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné.  <b>Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.</b>

**Questions de cours à choisir parmi les suivantes :**

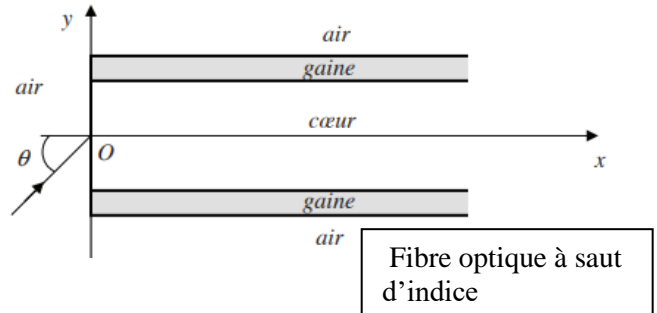
- ✓ **Q1 : Savoir énoncer les lois de Descartes et savoir établir la condition de réflexion totale (§ V.3 & 4).**
- ✓ **Q2 : Savoir refaire l'exercice d'application sur la fibre optique : En particulier savoir établir l'expression du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale (§ V.5).**
- ✓ **Q3 : Le miroir plan : savoir construire l'image d'un point et d'un objet ; Connaître les propriétés du miroir plan ; expliquer le stigmatisme rigoureux. Identifier les natures réelles ou virtuelles (§ I.1, 2, 3 & 4).**
- ✓ **Q4 : Savoir refaire l'exercice d'application sur les deux miroirs plans en coin (§ I.5).**
- ✓ **Q5 : Connaître les définitions et propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale et de la vergence. Construire l'image d'un objet dans l'un des cas traités (lentille convergente ou divergente) des (§ IV.2 & 3). Déterminer la nature de l'image.**
- ✓ **Q6 : Savoir établir et connaître les relations de conjugaison de Descartes, ainsi que le grandissement (§ V.2.a&b).**
- ✓ **Q7 : Savoir établir et connaître les relations de conjugaison de Newton (§ V.3).**
- ✓ **Q8 : Savoir établir la condition  $D \geq 4f'$  pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente (§ VI).**
- ✓ **Q9 : Décrire rapidement un modèle (simple) de l'appareil photo, puis refaire l'exercice d'application sur l'appareil photographique (§ VII).**
- ✓ **Q10 : L'œil : Rôles de l'iris, du cristallin & de la rétine. Principe de l'accommodation. Ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation. Les défauts, hypermétropie et myopie en quelques mots (§ I.1, 2 & 3).**
- ✓ **Q11 : Exercice d'application sur la variation de la vergence de l'œil (§ I.4).**
- ✓ **Q12 : Théorème des vergences, énoncé et démonstration (§ II.1).**
- ✓ **Q13 : La lunette astronomique : Objectif et oculaire ; système afocal et établissement du grossissement angulaire (§ III.1, 2 & 3).**
- ✓ **Q14 : Connaître la modélisation d'un appareil photographique (Rôles du diaphragme, objectif, capteur, mises au point et principe de construction de la profondeur de champ) (§ V.1 & 2).**

**TOURNER SVP !!**

**Exercice d'application pour Q2 : La fibre optique à saut d'indice :**

(D'après CCP PC 2018)

Une fibre optique à saut d'indice, représentée ci-dessous, est constituée d'un cœur cylindrique transparent d'indice  $n_c = 1,500$  et de rayon  $r_c$ , entouré d'une gaine transparente d'indice  $n_g = 1,485$ . L'axe  $Ox$  de la fibre est normal au dioptré air-cœur. En raison de la symétrie de révolution de la fibre autour de l'axe  $Ox$ , on se restreint à une étude dans le plan  $(xOy)$ .



Un rayon lumineux monochromatique se propageant dans l'air, situé dans le plan  $(xOy)$ , pénètre dans le cœur de la fibre en O avec un angle d'incidence  $\theta$ .

**On souhaite que ce rayon lumineux se propage dans le cœur sans en sortir.**

**1** – Compléter la figure en traçant le prolongement du rayon passant par O. On notera  $\theta'$  l'angle émergent en O, puis  $\alpha$  l'angle d'incidence du rayon lumineux lors de son arrivée sur le bord de la gaine et  $\alpha'$  l'angle réfléchi. Expliquer votre tracé.

**2** – A quelle condition sur  $\alpha$ , le rayon lumineux reste-t-il dans le cœur ?

**3** - Montrer que le rayon reste dans le cœur si l'angle  $\theta$  est inférieur à un angle limite  $\theta_L$ , appelé **angle d'acceptance de la fibre optique**. Montrer que dans ce cas,  $\sin(\theta_L) = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$ . Calculer la valeur de  $\theta_L$ .

On considère maintenant une fibre optique de longueur L. Le rayon entre dans la fibre avec un angle d'incidence  $\theta$  variable compris entre 0 et  $\theta_L$ . On rappelle que dans un milieu transparent d'indice  $n$ , linéaire, homogène et isotrope, la lumière se propage de façon rectiligne avec la célérité :  $v = \frac{c}{n}$ .

**4** - Quel est le rayon qui traverse le plus rapidement la fibre ? Exprimer, en fonction de L, c et  $n_c$ , la durée de parcours  $T_1$  de ce rayon. Calculer la valeur de  $T_1$  pour L = 10 km. Commenter.

**5** - Quel est le rayon qui met le plus de temps à traverser la fibre ? Exprimer, en fonction de L, c,  $n_g$  et  $n_c$ , la durée de parcours  $T_2$  de ce rayon.

**6** – En déduire l'expression de l'intervalle de temps  $\delta T = T_2 - T_1$  en fonction de L, c,  $n_g$  et  $n_c$ . On l'écrira sous forme factorisée. Calculer la valeur de  $\delta T$  pour L = 10 km. Commenter.

**Exercice d'application pour Q4 : Deux miroirs plans en coin :**

Deux miroirs plans sont disposés comme sur la figure ci-contre. On s'intéresse à la marche d'un rayon lumineux arrivant sous incidence  $i$  au point I sur l'un des miroirs, comme indiqué sur la figure.

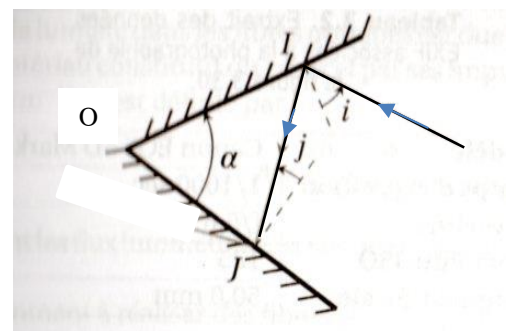
**1** – Au point I, repérer l'angle de déviation  $D_i$  entre le rayon incident et le rayon réfléchi, puis l'exprimer en fonction de l'angle  $i$ .

**2** – Faire de même au point J : repérer l'angle de déviation  $D_j$  du rayon au point J, puis l'exprimer en fonction de  $j$ .

**3** – En considérant le triangle OIJ, établir la relation liant les angles  $i$ ,  $j$  et  $\alpha$ .

**4** – En déduire l'angle de déviation totale  $D$  du rayon lumineux à la suite des deux réflexions sur les deux miroirs, en fonction de  $\alpha$  uniquement.

**5** – Que se passe-t-il si  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  ?



### **Exercice d'application pour Q9 : Modélisation (simple) d'un appareil photographique :**

L'objectif d'un appareil photo jetable est assimilable à une lentille mince de distance focale  $f' = 5$  cm. Cette lentille se déplace par rapport à la pellicule lors de la mise au point. L'émulsion sensible est disposée sur une plaque rectangulaire centrée sur l'axe, de dimension  $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$ .

**1** – La mise au point est faite sur l'infini, ce qui définit une position  $P_0$  pour la plaque sur l'axe.

a – De combien et dans quel sens faut-il déplacer la plaque si l'on veut photographier un objet placé à 5 m de l'objectif ?

b – La mise au point ne permet pas d'éloigner la plaque à plus de 5 mm de  $P_0$ . Evaluer la distance minimale d'un objet par rapport à l'objectif pour obtenir une photographie nette.

**2** – Dans le cas a) de la mise au point, l'objet étant à 5 m, déterminer les dimensions de la portion de plan photographiée.

### **Exercice d'application pour Q11 : Variation de la vergence de l'œil :**

Un œil normal est modélisé par un ensemble lentille convergente L-plan rétinien séparés d'une distance  $d$  fixe. On note  $V$  la vergence de L,  $V$  varie du fait de l'accommodation.

**1** – Lors de l'observation à l'infini, quelle relation peut-on écrire entre  $d$  et la vergence  $V_0$  de l'œil au repos ?

**2** – L'objet se rapproche à une distance finie :  $D_1 = 1 \text{ m}$ , puis  $D_2 = 25 \text{ cm}$ . Déterminer l'augmentation de  $\Delta V$  de la vergence dans chaque cas.

**3** – Avec l'âge le cristallin devient moins élastique et les muscles ciliaires ne parviennent plus à effectuer une accommodation aussi importante : On parle de presbytie. Si l'œil d'un sujet âgé ne permet plus qu'une augmentation maximale de vergence de  $\Delta V_{\max} = 0,5 \delta$ , à quelle distance minimale  $D_{\min}$  doit-on se situer pour être vu nettement ?

**4** – Pour quelles activités le phénomène de presbytie impose-t-il le port de verres correcteurs à un sujet n'ayant jamais porté de lunettes de sa vie ?