

DS 2

Lycée Saint Rémi

Vendredi 03 octobre 2025

PHYSIQUE-CHIMIE MPSI

DUREE DE L'EPREUVE : 4h00

L'usage de la calculatrice graphique est AUTORISE.

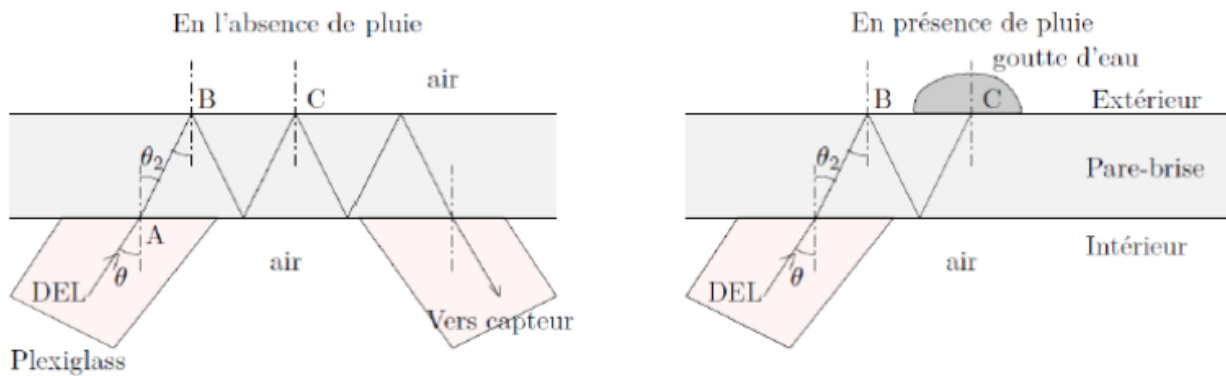
Ce sujet comporte 5 exercices présentés sur 10 pages et 1 page d'ANNEXE à compléter et à rendre avec la copie

Exercice 1 : Détection automatique de la pluie	p2
Exercice 2 : Constructions optiques	p3
Exercice 3 : Caméra de contrôle des plaques d'immatriculation	p4
Exercice 4 : Convertisseur analogique – numérique	p7
Exercice 5 : Autour du soufre et de l'oxygène	p10

Barème	Exercice 1	Exercice 2	Exercice 3	Exercice 4	Exercice 5
/ 100	/ 15	/ 15	/ 30	/ 20	/ 20

EXERCICE I. Détection automatique de la pluie

De nombreux dispositifs d'aide à la conduite sont apparus ces dernières années, comme par exemple la détection automatique de pluie qui commande la mise en route des essuie-glaces. Disposé à l'intérieur du véhicule, une diode électroluminescente DEL projette un faisceau lumineux sur le pare-brise. Un capteur reçoit et mesure en permanence la lumière réfléchiée. Plus il y a d'eau sur la vitre, moindre est la réflexion. Le capteur de pluie pilote ainsi l'essuie-glace en fonction de la quantité d'eau détectée et sélectionne automatiquement la vitesse d'essuyage la plus efficace.



Étude de la propagation du rayon lumineux dans le pare-brise de la voiture

Les rayons lumineux émis par la diode électroluminescente se propagent jusqu'au pare-brise dans du plexiglas d'indice optique $n_p = 1,50$. Les rayons sont dirigés vers le pare-brise avec un angle d'incidence de $\theta = 50^\circ$. On supposera que le pare-brise est en verre d'indice optique $n_v = 1,55$. L'indice optique de l'eau est $n_e = 1,33$ et celui de l'air $n_a = 1,00$.

1. Calculer la valeur de θ_2 l'angle de réfraction au point A.
2. En l'absence de pluie, existe-il un rayon réfracté au point B ou au point C ? Justifier. (On cherchera à déterminer l'angle de limite $\theta_{2,\text{limite}}$ et à conclure)
3. En présence d'une goutte de pluie sur le pare-brise, existe-il un rayon réfracté au point C ? Justifier. (On cherchera à déterminer l'angle de limite $\theta_{2',\text{limite}}$ et à conclure)
4. Expliquer pourquoi plus il y aura de gouttes sur le pare-brise, moins l'intensité lumineuse reçue par le capteur sera importante.

EXERCICE II. Constructions optiques

Un objet AB mesurant 2m et orthogonal à l'axe optique est placé 40 cm derrière une lentille L convergente de centre O et de distance focale $f' = 10$ cm

1.1. Déterminer graphiquement la position de A'B', image de AB par la lentille L.

1.2. Déterminer les caractéristiques de l'image A'B'

1.3. Déterminer la distance $\overline{OA'}$

Un système optique centré est constitué de deux lentilles convergentes distantes de $d = 4$ cm. La première lentille L_1 de centre O_1 , a une distance focale $f'_1 = 6$ cm. La deuxième lentille L_2 de centre O_2 , a une distance focale $f'_2 = 2$ cm.

2. Déterminer graphiquement la position du foyer image F' du système optique.

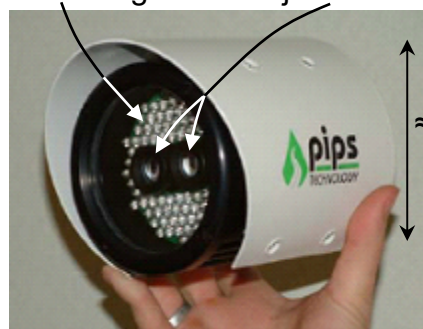
EXERCICE III. Camera de contrôle des plaques d'immatriculation

Pour diminuer le nombre de véhicules circulant dans le centre ville et réduire ainsi les embouteillages, la pollution et le bruit qu'ils engendrent, plusieurs grandes agglomérations (Londres, Singapour, Stockholm) utilisent un système de péage urbain.

Différentes technologies sont mises en oeuvre pour détecter les véhicules entrant dans la zone de circulation taxée. Le système londonien, appelé London Congestion Charge (mis en place en 2003) utilise un réseau de 500 caméras installées à chaque point permettant d'entrer ou de sortir de la zone payante. Les images obtenues sont ensuite analysées par un algorithme LAPI (Lecture Automatique des Plaques d'Immatriculation) qui génère une liste des véhicules ayant circulé dans le centre ville, ce qui déclenche la facturation d'une taxe.

Ces systèmes doivent être robustes, peu coûteux, ne nécessiter aucun réglage et être fonctionnels dans des conditions de luminosité très variées. Le modèle retenu (ci-contre) comporte deux caméras identiques : l'une enregistrant dans le domaine visible et l'autre dans le proche infrarouge grâce un filtre stoppant les radiations visibles. Un ensemble de diodes électroluminescentes (DEL) émettant des flashes de longueur d'onde respective 810 nm et 950 nm entoure les caméras et permet d'illuminer la plaque d'immatriculation.

DEL infrarouges Objectifs des caméras



caméra P362 de la société

Les spécifications du constructeur sont les suivantes :

Le capteur CCD (Charge Coupled Device) de ces caméras est un rectangle de diagonale $1/4''$ (0,635 cm) et est découpé en 752×582 pixels (largeur $\times$ hauteur) ; les pixels sont des carrés tous identiques, de côté a .

Pour réduire le coût, les risques de panne et les réglages lors de l'installation, ces caméras ont une distance focale image f' fixe. Le constructeur propose différents modèles destinés à enregistrer les plaques d'immatriculation à une distance de mesure déterminée L .

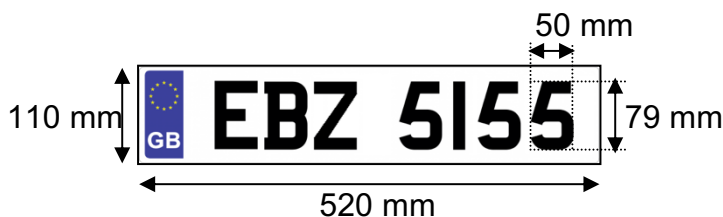
Le tableau suivant résume les modèles disponibles :

Tableau 1

Modèle de caméra	1	2	3	4	5
Focale f'	35,0 mm	25,0 mm	16,0 mm	12,0 mm	8,00 mm
Distance de mesure L	20,0 m	14,5 m	9,0 m	7,0 m	4,5 m

La norme britannique concernant les plaques d'immatriculation est la suivante :

Les plaques doivent mesurer 110 mm de hauteur et 520 mm de largeur. Les caractères doivent avoir une hauteur de 79 mm et une largeur de 50 mm, l'épaisseur du trait étant fixée à 14 mm.



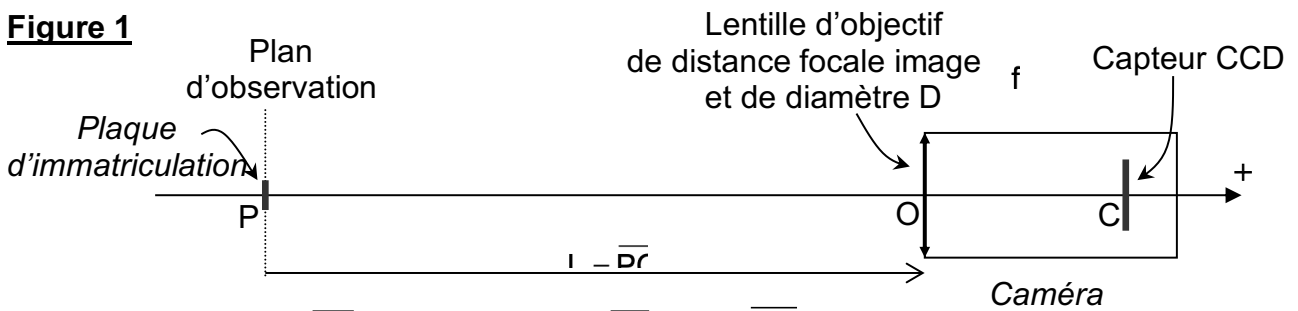
A - DIMENSIONNEMENT DES CAMÉRAS

Les caméras sont identiques et constituées d'une lentille d'objectif de distance focale image f' qui forme sur le capteur CCD une image de la plaque d'immatriculation.

La figure 1 illustre cette configuration (les échelles relatives ne sont pas respectées).

1.1. Donner la condition que doivent vérifier f' (distance focale image de la lentille) et PC (distance entre l'objet réel et son image réelle) pour que cette opération soit possible. Comment s'appelle la réalisation de l'image réelle d'un objet réel ?

Figure 1



1.2. Exprimer la distance $\overline{OC}$ en fonction de $L = \overline{PO}$ et $f' = \overline{OF'}$. Justifier pourquoi la lentille doit nécessairement être convergente.

1.3. Ecrire le grandissement γ en fonction de L et f' .

1.4. En tenant compte des valeurs numériques du Tableau 1, simplifier l'expression de $\overline{OC}$ obtenue à la question 1.2. Commenter.

1.5. Simplifier de même l'expression de γ . Calculer la valeur numérique du grandissement γ pour ces cinq modèles de caméras (répondre avec 3 chiffres significatifs). Commenter.

Pour les questions suivantes, γ sera pris égal à la moyenne de ces cinq valeurs.

1.6. Déterminer la largeur et la hauteur du capteur CCD en millimètres. En déduire la valeur numérique de la longueur a du côté d'un pixel de ce capteur.

1.7. En déduire les dimensions du champ de vue dans le plan d'observation. Est-il suffisant d'installer une caméra par rue permettant d'accéder au centre ville ?

1.8. Déterminer la taille de l'image d'un des caractères de la plaque d'immatriculation sur le capteur CCD en micromètres, puis en pixels.

1.9. Le dimensionnement de la caméra est imposé par une valeur optimale de γ qui repose sur un compromis entre deux contraintes antagonistes : préciser lesquelles.

1.10. Quels problèmes se poseraient si le dispositif ne filmait que dans le domaine visible ? Quels sont les avantages à filmer une seconde image en infrarouge ?

Les lentilles de ces caméras ont un diamètre $D = 1,00 \text{ cm}$. Elles se comportent donc comme une pupille circulaire qui diffracte la lumière. L'image d'une source ponctuelle n'est donc pas un point mais présente une certaine étendue spatiale due à la diffraction.

1.11. Calculer, pour la caméra de modèle 1, l'ordre de grandeur de la largeur de la tache de diffraction de l'image d'un point sur le capteur CCD pour le rayonnement infrarouge utilisé. (Il n'est pas demandé de calcul complet, ni de formulation exacte). Comparer ce phénomène à la pixellisation de l'image. Limite-t-il la résolution ?

B - PROFONDEUR DE CHAMP

Bien que ces caméras ne disposent pas de dispositif de mise au point (leur distance focale est fixe), il est néanmoins possible de visualiser des plaques d'immatriculation qui ne sont pas rigoureusement situées à la distance L spécifiée par le constructeur (cf. Tableau 1).

Le but de cette partie est de déterminer la profondeur de champ Z , c'est-à-dire la longueur de la zone de l'espace où l'objet peut-être placé afin que la caméra en fournisse une image considérée comme nette.

L'ANNEXE à rendre avec la copie, comporte différentes figures sur lesquelles un objet ponctuel est situé sur l'axe optique (les constructions ne sont pas à l'échelle et ont pour seul but d'illustrer le phénomène). Le diamètre de la lentille est $D = 1,00 \text{ cm}$.

Sur la première figure, l'objet est situé en P_0 , à la distance L spécifiée par le constructeur.

2.1. Compléter cette figure en représentant le trajet des deux rayons lumineux issus de P_0 et frappant la lentille en deux points extérieurement opposés. Représenter la position de l'image C_0 de ce point P_0 par la lentille d'objectif. (Un soin particulier est attendu dans la réalisation de la construction dont la démarche doit être rigoureusement justifiée.)

Le capteur CCD est positionné dans le plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par C_0 . L'objet ponctuel P_1 est maintenant placé à une distance $\Delta_1 = \overline{P_0 P_1} > 0$ de P_0 .

2.2. Compléter la seconde figure du document-réponse en y représentant :
- le plan du capteur CCD (en reportant le point C_0 de la construction de la question 1.1)
- le trajet des deux rayons lumineux issus de P_1 et frappant la lentille en deux points extérieurement opposés. Son image est notée C_1 .

Ce faisceau ne forme pas une image ponctuelle sur le capteur mais un disque de diamètre $d_1 > 0$ qui doit être inférieur à la taille a d'un pixel pour que l'image soit nette : $0 < d_1 < a$.

2.3. Montrer que le diamètre de la tache image, noté d_1 , peut s'exprimer sous la forme :

$$d_1 = \beta \frac{f' \Delta_1}{(L - f')(L - \Delta_1)},$$

où β est un facteur à expliciter.

2.4. Compléter la troisième figure, dans le cas où $\overline{P_0 P_2} = -\Delta_2 < 0$ ($\Delta_2 > 0$ est une distance).

Le diamètre de la tache image peut alors s'exprimer sous la forme $d_2 = \beta \frac{f' \Delta_2}{(L - f')(L + \Delta_2)}$.

2.5. Simplifier les expressions de d_1 et d_2 sachant que $f' \ll L$.

2.6. Exprimer, en fonction de a , L , D et f' , les distances $\Delta_{1\text{lim}}$ et $\Delta_{2\text{lim}}$ telles que la tache image sur le capteur ait un diamètre égal à la taille d'un pixel.

2.7. Calculer les valeurs numériques des distances $\Delta_{1\text{lim}}$ et $\Delta_{2\text{lim}}$ pour la caméra 3, en prenant $a = 7,00 \mu\text{m}$.

2.8. Déterminer l'expression de la profondeur de champ Z en fonction de f' , D , a et L .

2.9. Simplifier cette expression en tenant compte des valeurs numériques de l'énoncé.

2.10. Commenter le choix d'une lentille de petit diamètre pour réaliser cette caméra.

EXERCICE IV. Convertisseur analogique - numérique

I. Modèle de Norton d'un générateur linéaire

1. On peut représenter un générateur linéaire par le modèle de Thévenin. Donner la représentation symbolique de ce générateur ainsi que sa loi de fonctionnement $u = f(i)$ en fonction de sa force électromotrice E et de sa résistance de sortie R_{Th} .

On peut aussi représenter un générateur linéaire par le modèle de Norton figure 3.

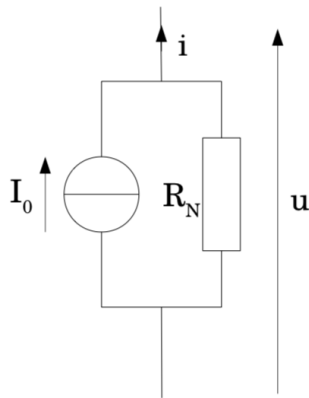


FIGURE 3 – Modèle de Norton d'un générateur linéaire

2. Établir la loi de fonctionnement du générateur de Norton.

3. À quelles conditions sur R_N , I_0 , R_{Th} , E , le modèle de Norton et le modèle de Thévenin sont-ils équivalents ?

II. Convertisseur numérique analogique

Un convertisseur numérique analogique (CNA) est un dispositif électronique permettant de convertir une valeur numérique en une tension analogique image. On étudie ici un exemple de CNA.

On considère dans un premier temps la cellule fig. 4.

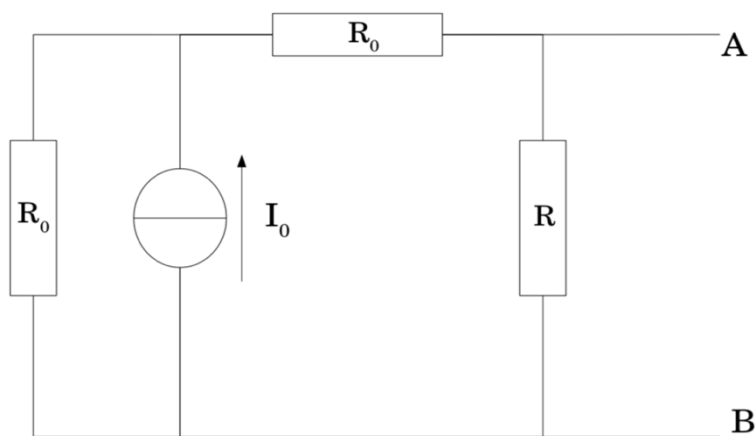


FIGURE 4 – Une cellule

4. En exploitant l'équivalence des modèles de Norton et Thévenin, montrer que la cellule AB est équivalente au circuit suivant fig.5.
5. En déduire le générateur de Norton équivalent à la cellule AB. On explicitera le courant électromoteur I_N et la résistance R_N .
6. Établir la relation entre R et R_0 pour que R_N soit égale à R_0 .

Dans toute la suite, on suppose cette condition sur R_0 et R satisfaite.

On associe deux cellules pour obtenir le réseau fig.6.

7. Déterminer le générateur de Norton équivalent au réseau fig.6 entre C et D.

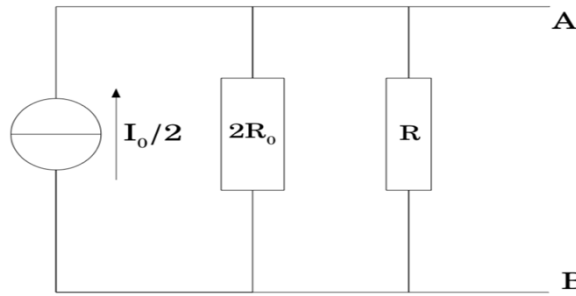


FIGURE 5 – Circuit équivalent à une cellule entre A et B

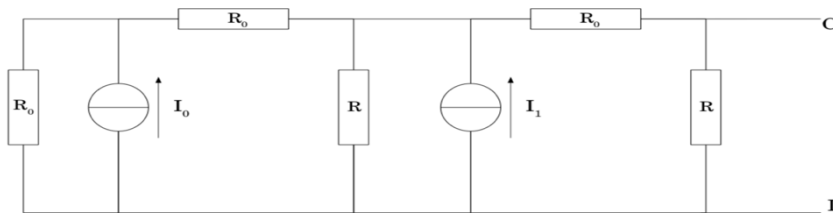


FIGURE 6 – Dispositif à deux cellules

Pour fabriquer un convertisseur numérique-analogique (CNA), on associe k cellules pour obtenir le dispositif fig.7.

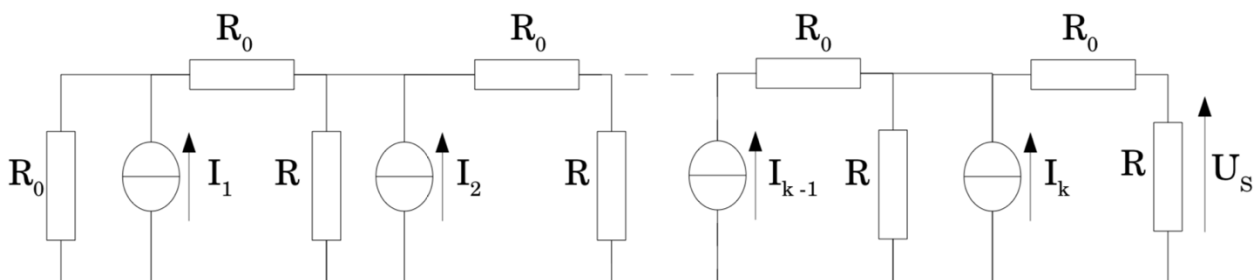


FIGURE 7 – Convertisseur Numérique Analogique

8. Quel est le générateur de Norton équivalent au dispositif ?
9. En déduire la tension de sortie U_S en fonction de R_0 et des courants électromoteurs $I_1, I_2, \dots, I_k$.

En fait, chaque source de courant délivre un courant égal à 0 ou I_0 . On définit une variable binaire $a_i = 0$ ou $a_i = 1$ telle que $I_i = a_i I_0$.

10. Exprimer U_S en fonction de R_0 , I_0 , k et des $\{a_i\}$.
11. Pour une structure à $k = 8$ cellules, quelle plage de valeurs d'un entier N la tension U_S peut-elle convertir ?
12. Exprimer la résolution δU_S en tension du CNA.

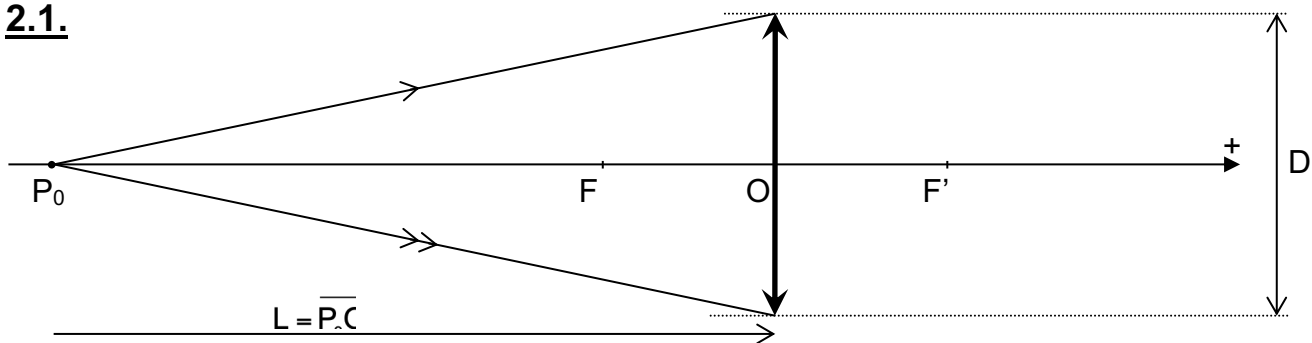
EXERCICE V. Autour de l'oxygène et du soufre

L'oxygène ($Z = 8$) et le soufre ($Z = 16$) sont deux éléments de la même famille chimique, appelée famille des chalcogènes : ils présentent donc des propriétés physico-chimiques comparables, en particulier un caractère non métallique et une forte électronégativité.

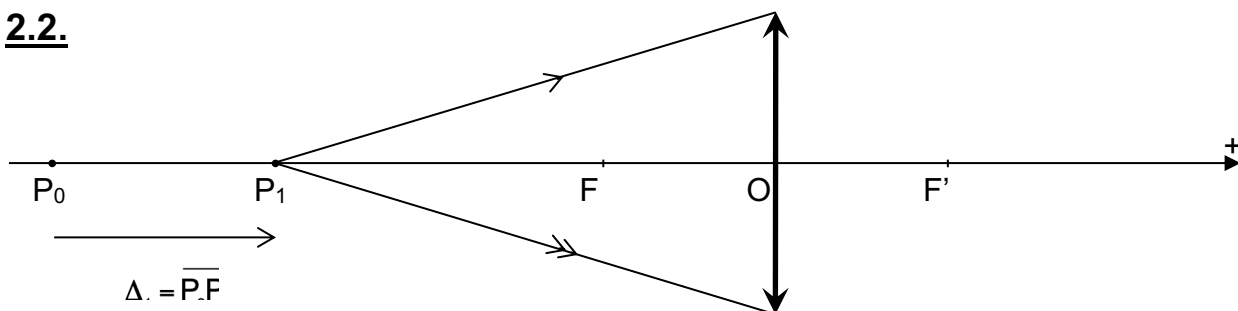
1. Donner la structure électronique du soufre et de l'oxygène dans la classification périodique.
2. Indiquer la position relative du soufre et de l'oxygène dans la classification
3. Déterminer le nombre d'électrons de valence de l'oxygène. Pourquoi peut-on affirmer que le soufre en compte autant ?
4. Quel est l'ion monoatomique le plus stable que l'oxygène puisse former ? Expliquer
5. Proposer une représentation de Lewis pour les molécules et ions ci-dessous.
 - dioxygène O_2 ;
 - anion superoxyde O_2^- ;
 - ozone O_3 (la molécule ne fait pas apparaître de cycle);
 - dioxyde de soufre SO_2
 - trioxyde de soufre SO_3

ANNEXE Exercice III à compléter et à rendre avec la copie

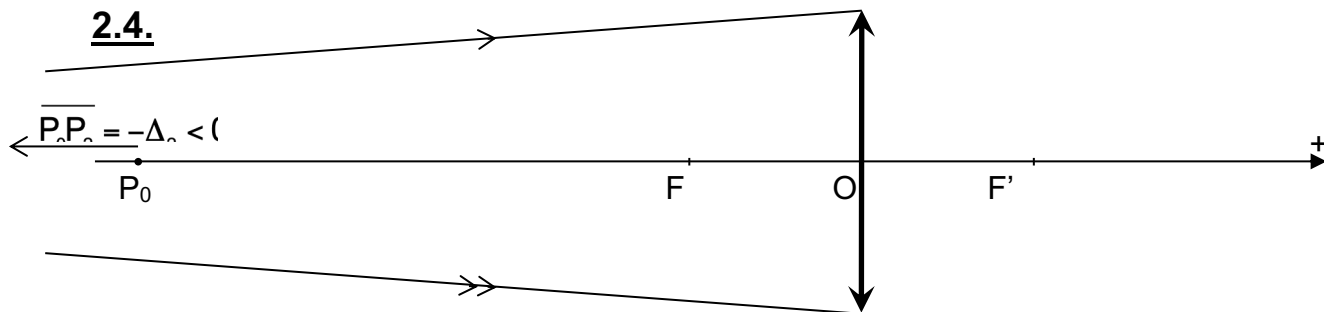
2.1.



2.2.



2.4.



Remarque : P_2 est en dehors de la figure