

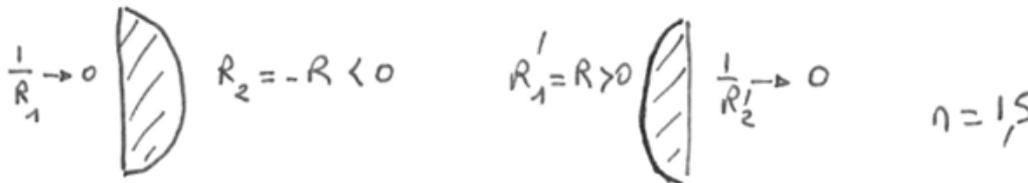
C3 - Formation et caractérisation des images

Utilisation de lentilles

Pré-TD 3- Exercices personnels à faire avant TD (applications directes du Cours)

Q3.0.1- Quelle est la distance focale image d'une lentille plan-convexe dont le rayon de courbure est $R = 8 \text{ cm}$ et le verre d'indice 1.5 ? La distance focale change-t-elle selon que l'on présente la face plane vers l'avant ou vers l'arrière ?

L'axe optique est a priori horizontal, orienté de la gauche vers la droite. Pour la lentille, le premier dioptre de rayon de courbure R_1 et celui de gauche, le second celui de droite. Une surface plane est le cas limite du plan tangent à une surface sphérique dont le rayon de courbure tend vers l'infini ; dans ce cas la limite de $1/R$ est alors 0.



De plus R_2 est négatif puisque le dioptre 2 est concave (en creux, avec son centre en avant du sommet) alors que R_1 est positif puisque le second dioptre 1 est convexe (en boule, avec son centre en arrière du sommet)

On applique la formule des lunetiers à ces lentilles supposées minces :

$$V = \frac{1}{f'} = (\eta - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = (\eta - 1) \times \left(0 - \frac{1}{-R} \right) = \frac{\eta - 1}{R}$$

ou

$$V = (\eta - 1) \left(\frac{1}{R'_1} - \frac{1}{R'_2} \right) = (\eta - 1) \left(\frac{1}{R} - 0 \right) = \frac{\eta - 1}{R}$$

$$V = \frac{1,5 - 1}{0,08} = 6,25 \text{ } \text{et } f' = \frac{1}{V} = 0,16 = 16 \text{ cm}$$

La « vergence » V est l'inverse de la distance focale. Elle est exprimée en dioptrie avec $1\delta = 1 \text{ m}^{-1}$.

On constatera que le calcul de la distance focale donne le même résultat dans les deux situations : pour cette grandeur, l'ordre des faces ne compte pas.

Q3.0.2- Un petit objet AB de hauteur 2 cm est placé, perpendiculairement à l'axe (**a priori orienté vers le haut**), dans un plan de front à 60 cm **en avant** d'une lentille **convergente** de distance focale 40 cm.

Préciser les valeurs de \overline{AB} , \overline{OA} et f' (**mais aussi leurs signes !**). L'objet est-il réel ou virtuel ? (**signe de \overline{OA} ?**)

Calculer la position et la taille de l'image. L'image est-elle réelle ou virtuelle ? (**signe de $\overline{OA'}$?**), droite ou renversée ? (**signe de $\overline{AB'}$?**)

Vérifiez vos résultats par un tracé.

Pour les signes des grandeurs, selon le résumé :

- L'objet AB est placé perpendiculairement à l'axe et orienté vers le haut : $\overline{AB} > 0$
- L'objet AB est placé en avant d'une lentille etc. $\overline{OA} < 0$ et objet « réel »
- La lentille mince est convergente donc sa distance focale **image** est $f' > 0$

Il suffit ensuite d'utiliser la relation de conjugaison (en remplaçant les grandeurs avec leur valeurs numériques signées), de calculer correctement les fractions (...) et d'extraire la grandeur manquante, $\overline{OA'}$ (avec sa barre dessus indiquée par /).

Puis de calculer la taille de l'image $\overline{A'B'}$ avec la formule de grandissement transversal.

$$\overline{AB} = +2 \text{ cm}, \quad \overline{OA} = -0,6 \text{ m (objet réel)}, \quad f' = 0,40 \text{ m}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{0,4} + \frac{1}{-0,6} = 0,833 \quad \text{et} \quad \overline{OA'} = 1,20 \text{ m}$$

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{1,2}{-0,6} = -2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \overline{OA'} > 0 \text{ image réelle} \\ \gamma < 0 \text{ image renversée} \\ |\gamma| > 1 \text{ image agrandie} \end{array} \right.$$

$$\overline{A'B'} = -4 \text{ cm}$$

Vérifier vos résultats par un tracé. **Quel est déjà le symbole pour une lentille convergente ?**

Je mets en avant la méthode par le calcul qui donne des résultats numérique de meilleure qualité. La méthode graphique (voir fin du résumé C3) n'est précise que sur des tracés grands et soignés (« épures »), sans oublier que la figure est plane 2D alors que le phénomène est en volume 3D avec des faisceaux coniques.

Q3.0.3- Un objet **réel** de longueur 5 cm est placé à 4 m d'une lentille **divergente** de distance focale 60 cm. Préciser les valeurs de \overline{AB} , \overline{OA} et f' (donc aussi leurs signes en s'appuyant sur les a priori pour l'orientation de l'objet et les informations matérielles que j'ai mises **en gras**).

Calculer la position et la taille de l'image. L'image est-elle réelle ou virtuelle ?, droite ou renversée ? Vérifiez vos résultats par un tracé.

En fait, ce sont les mêmes conseils que pour l'exercice Q3.0.2 mais simplement avec une lentille divergente...

Pour les signes des grandeurs, selon le résumé :

- L'objet AB est placé perpendiculairement à l'axe et orienté vers le haut : $\overline{AB} > 0$
- L'objet AB est « réel » donc $\overline{OA} < 0$ car l'objet est placé en avant de la lentille.
- La lentille mince est **divergente** donc sa distance focale **image** est $f' < 0$

$$\overline{AB} = +5 \text{ cm} \quad \overline{OA} = -4 \text{ m (objet réel)} \quad f' = -0,6 \text{ m}$$

$$\frac{1}{\overline{OA}'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{-0,6} + \frac{1}{-4} = -1,91\bar{6} \rightarrow \overline{OA}' = -0,52 \text{ m}$$

$$\gamma = \frac{\overline{OA}'}{\overline{OA}} = \frac{-0,52}{-4} = +0,13 \quad \left\{ \begin{array}{l} \overline{OA}' < 0 \text{ image virtuelle} \\ \gamma > 0 \text{ image droite} \\ |\gamma| < 1 \text{ image diminuée} \end{array} \right.$$

$$\overline{A'B'} = 0,65 \text{ cm}$$

Il suffit comme dans l'exercice précédent, d'utiliser la relation de conjugaison (valeurs numériques signées !), de calculer et d'extraire la grandeur manquante, \overline{OA}' (avec sa barre dessus indiquée par /) et de conclure sur la virtualité selon le signe.

Puis de calculer la taille de l'image $\overline{A'B'}$ avec la formule de grandissement transversal.

Q3.0.4- On accole deux lentilles **minces** en supposant qu'elles ont **même centre optique**. L'une a une distance focale image de +0.4 m et l'autre a une vergence de -4δ (donc une distance focale de ?). Quelle est la distance focale de la lentille mince équivalente au doublet ?

- Historiquement, la « popularité » de la grandeur Vergence (au nom un peu vieilli) est du à la propriété d'addition des vergences pour deux lentilles minces et accolées : c'est-à-dire deux lentilles suffisamment minces pour que les formules simplifiées C2-9 soient valides et « accolées » c'est-à-dire avec des centres optiques sommets « confondus » O_1 identique à O_2 .
- Une fois identifiée la formule des « lentilles minces accolées » dans le résumé, puis identifiés V_1 et V_2 selon l'énoncé, c'est quasiment fini...

La première à $f' = +0.4$ m selon le texte, donc $V_1 = 1/0.4 = 2.5\delta$

La seconde à une focale images $f'_2 = 1/V_2 = 1/(-4) = -0.25$ m

$$V_{eq} = V_1 + V_2 = \frac{1}{0.4} + (-4) = 2.5 - 4 = -1.5 \delta$$

$$\text{soit } f'_{eq} = -\frac{1}{1.5} = -0.6\bar{6} \text{ m} \quad \left. \vphantom{f'_{eq}} \right\} \approx \text{divergente}$$

Q3.0.5- Technologie : Comment obtenir une optique de grandissement réglable mais avec une lentille seulement ? Pour info, un objectif « zoom » est réalisé avec au moins trois lentilles distinctes.

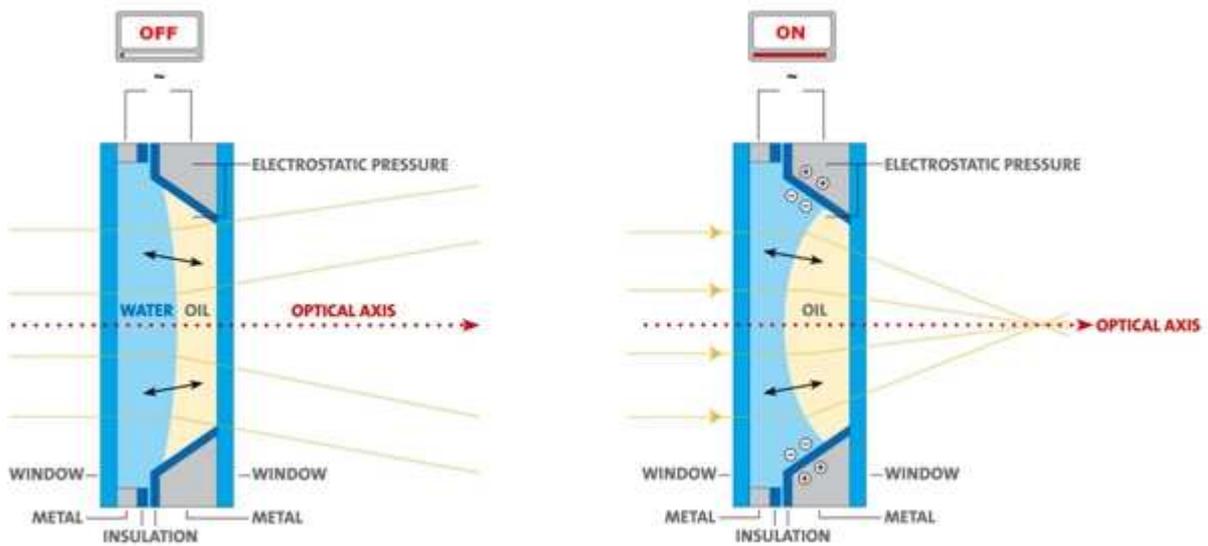
[recherche rapide avec les mots-clés : varioptric, lens]

Obtenir un grandissement réglable pour observer un objet à distance fixe donnée revient à disposer d'une lentille convergente dont il faut **contrôler la longueur focale :**

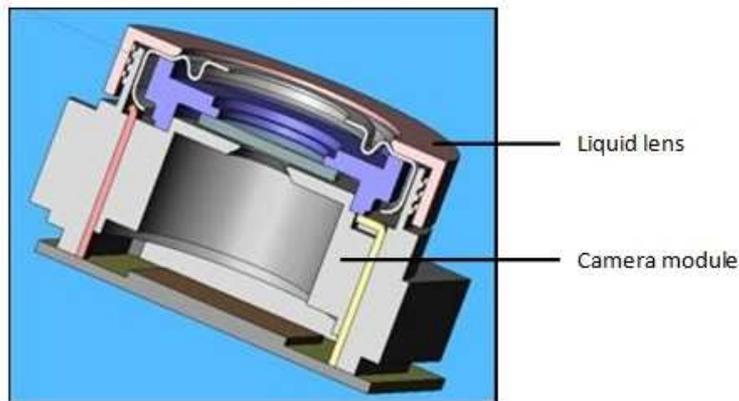
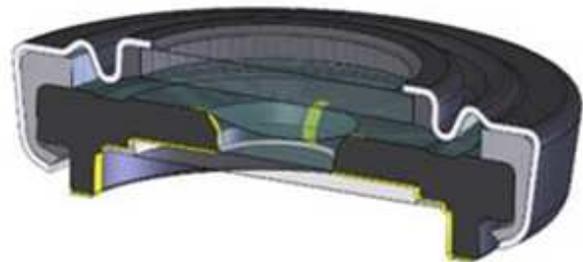
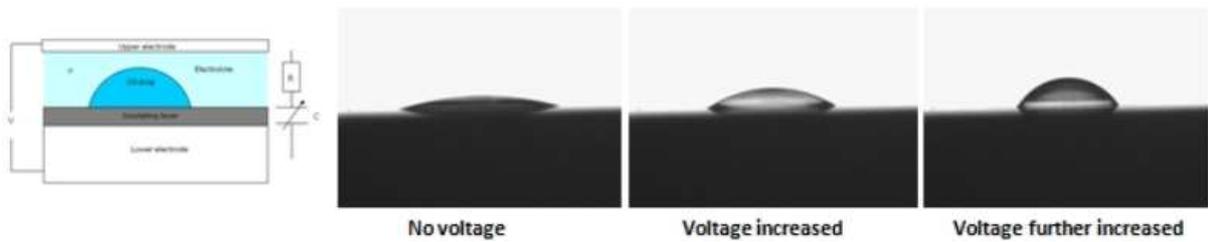
Il faut donc pouvoir faire changer le rayon de courbure d'une de ses faces.

La solution de lentilles de longueur focale réglable mise au point par une startup française (brevet par Varioptric.com) exploite l'**électromouillage** (electrowetting) : on arrive à contrôler la courbure de la surface de séparation entre deux liquides transparents, d'indice différents et surtout non miscibles (qui ne se mélangent pas) à l'aide d'une tension électrique.

Les modules de caméra obtenus sont utilisés en imagerie (smartphone haut de gamme, imagerie médical etc.), dans des systèmes de mesures ou de contrôle par exemple pour corriger des mouvements ou vibrations rapides en temps réel etc.



Plage de tension de réglage : 30 à 60 V obtenu par driver spécifiques



<http://www.varioptic.com/technology/liquid-lens-autofocus-af/>
<http://www.varioptic.com/technology/applications-configurations/>