

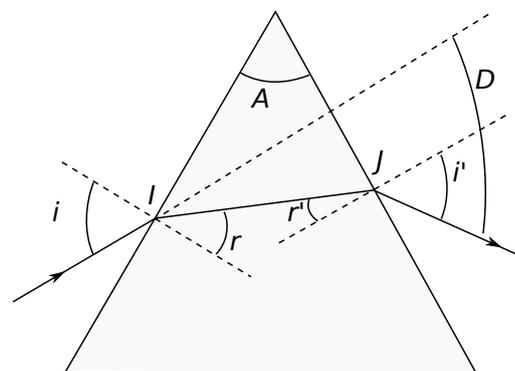
Sommaire	1
36 Opt : Optique géométrique (réfraction)	2
37 Opt : Optique géométrique (lentilles)	7
53 Structure de la matière : molécules	9
54 Structure de la matière : cristallographie	10
3 Élec : Circuits électriques dans l'ARQS	11
4 Syst lin : Transitoire du 1 <sup>er</sup> ordre	13
6 Syst lin : Oscillateurs amortis	14
7 Syst lin : RSF	15
8 Syst lin : Filtrages	16

# Optique : Optique géométrique (réfraction)

## 36.19 Étude du prisme



On considère un prisme d'angle au sommet  $A$  et d'indice de réfraction  $n$ . On étudie la déviation d'un rayon lumineux par ce prisme. On travaille avec des angles non orientés, définis sur la figure ci-contre.



1 - Écrire la loi de Snell-Descartes en  $I$  et en  $J$ .

2 - Montrer que  $A = r + r'$ .

3 - Montrer que  $D = i + i' - A$ .

Les quatre relations des questions 1, 2, 3 sont les "formules du prisme".  $A$ ,  $i$  et  $n$  étant fixés, elles permettent d'en déduire :

$$r = \arcsin((\sin i)/n),$$

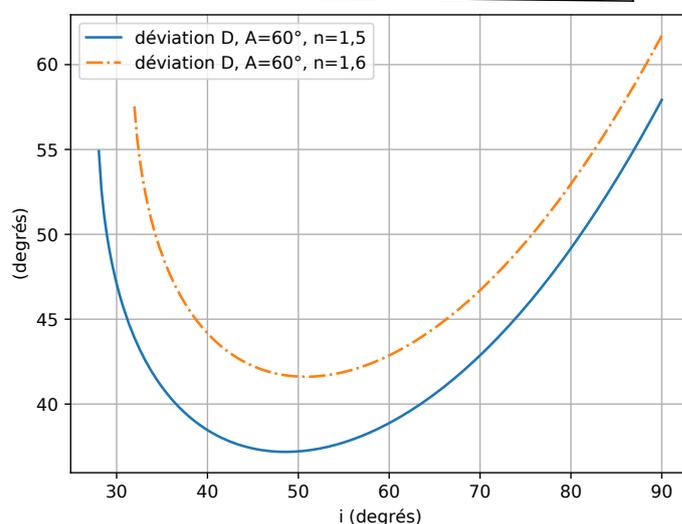
puis  $r' = A - r,$

$$\text{puis } i' = \arcsin(n \sin r'),$$

puis  $D = i + i' - A.$

On peut ainsi tracer  $D$  en fonction de  $i$  (graphique ci-contre).

On constate sur le graphique que  $D$  n'est pas défini pour des angles  $i$  trop petits (en dessous de  $28^\circ$  pour  $n = 1,5$ ).



4 - Prenons le cas  $n = 1,5$  et  $A = 60^\circ$ . Montrer que l'existence du rayon émergent en  $J$  n'est possible que si  $r' < r'_{\max}$ , et donner l'expression puis la valeur de  $r'_{\max}$  (réfléchir à où et pour quel angle limite il y a une réflexion totale...).

En déduire ensuite que le rayon émergent n'existe que si  $i > i_{\min}$ , et donner l'expression puis la valeur de  $i_{\min}$ .

On constate, toujours sur le graphique, que la déviation  $D$  admet un minimum. On cherche son expression.

5 - Justifier pourquoi, lorsqu'on est au minimum de déviation, on a  $i = i'$ . On pourra s'aider de l'animation en lien sur le site de la classe. À défaut, admettre cette question et passer à la suite.

6 - En admettant que  $i = i'$  au minimum, en déduire que  $r = r'$ , puis en déduire la relation  $n = \frac{\sin\left(\frac{D_{\min} + A}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$ .

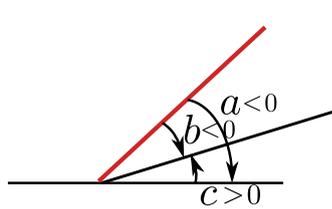
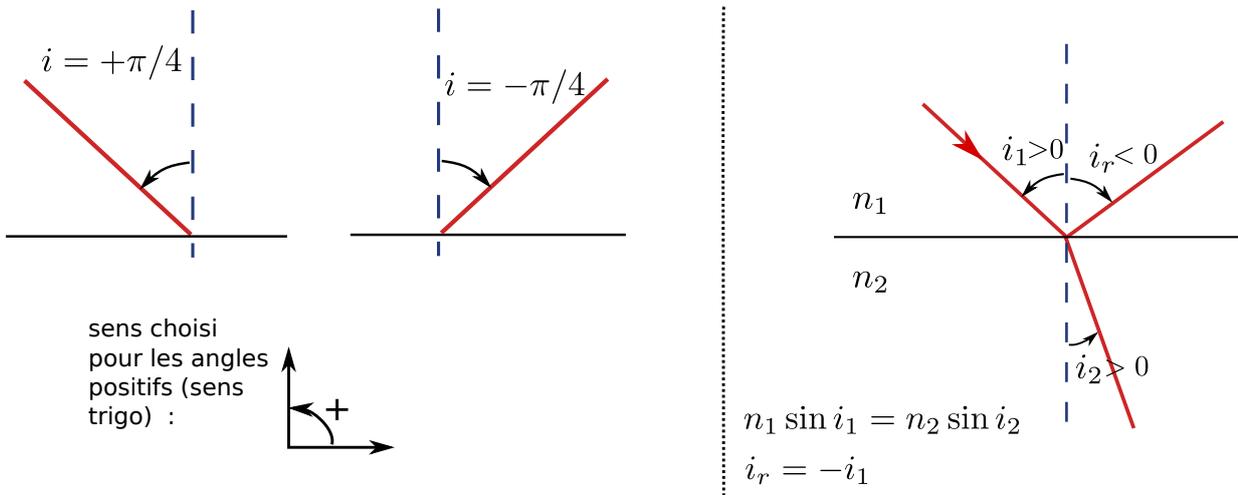
Cette relation est exploitée en TP avec le goniomètre, pour remonter à une mesure précise de  $n$ .

## 36.20 Travailler avec des angles orientés



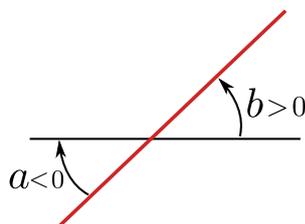
L'énoncé peut parfois demander de travailler avec des angles orientés.

Quelques exemples :



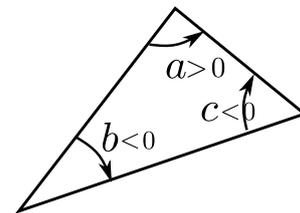
$$|a| = |b| + |c|$$

$$-a = -b + c$$



$$|b| = |a|$$

$$b = -a$$



$$|a| + |b| + |c| = \pi$$

$$a - b - c = \pi$$

La somme des valeurs absolues des angles vaut  $\pi$ .

Méthode générale :

- Établir les formules avec les valeurs absolues, sans se soucier de l'orientation
- Mettre des moins devant les angles qui sont négatifs sur le schéma.

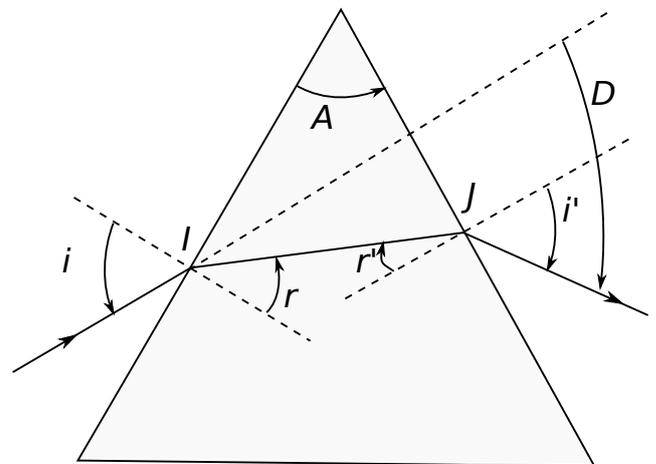
Par exemple, si on reprend la question 2 de l'exercice sur le prisme, on trouverait :

$$\pi = |A| + (\pi/2 - |r|) + (\pi/2 - |r'|),$$

et comme seul  $r'$  est négatif cette formule devient, avec les angles orientés :

$$\pi = A + (\pi/2 - r) + (\pi/2 - (-r')),$$

d'où  $A = r - r'$ .



1 - On reprend cette fois la question 3 de l'exercice précédent.

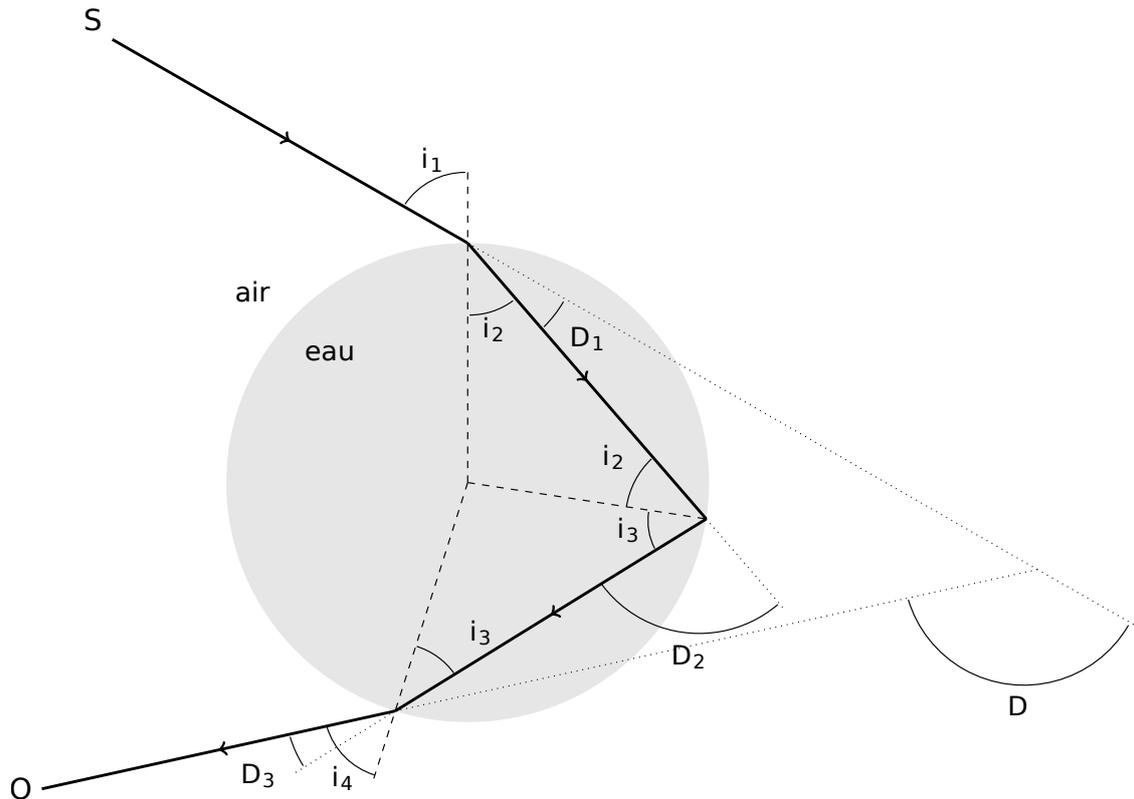
Repérer les angles négatifs sur le schéma ci-contre.

Montrer qu'on a cette fois  $D = -i + i' + A$ .

### 36.21 Étude d'une goutte d'eau (angles non orientés)

[●●●]

On considère un rayon qui arrive sur une goutte d'eau sphérique. Il est dévié par une réfraction, une réflexion interne, puis une autre réfraction (cf schéma). L'indice optique de l'air est pris égal à 1, celui de l'eau est noté  $n$ .



- 1 - Exprimer les angles de déviations  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  en fonction de  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  et  $i_4$ .
- 2 - À l'aide des lois de Snell-Descartes, exprimer les angles  $i_2$ ,  $i_3$  et  $i_4$  en fonction de  $i_1$  et  $n$ .
- 3 - En déduire que l'angle de déviation totale  $D$  peut s'exprimer :

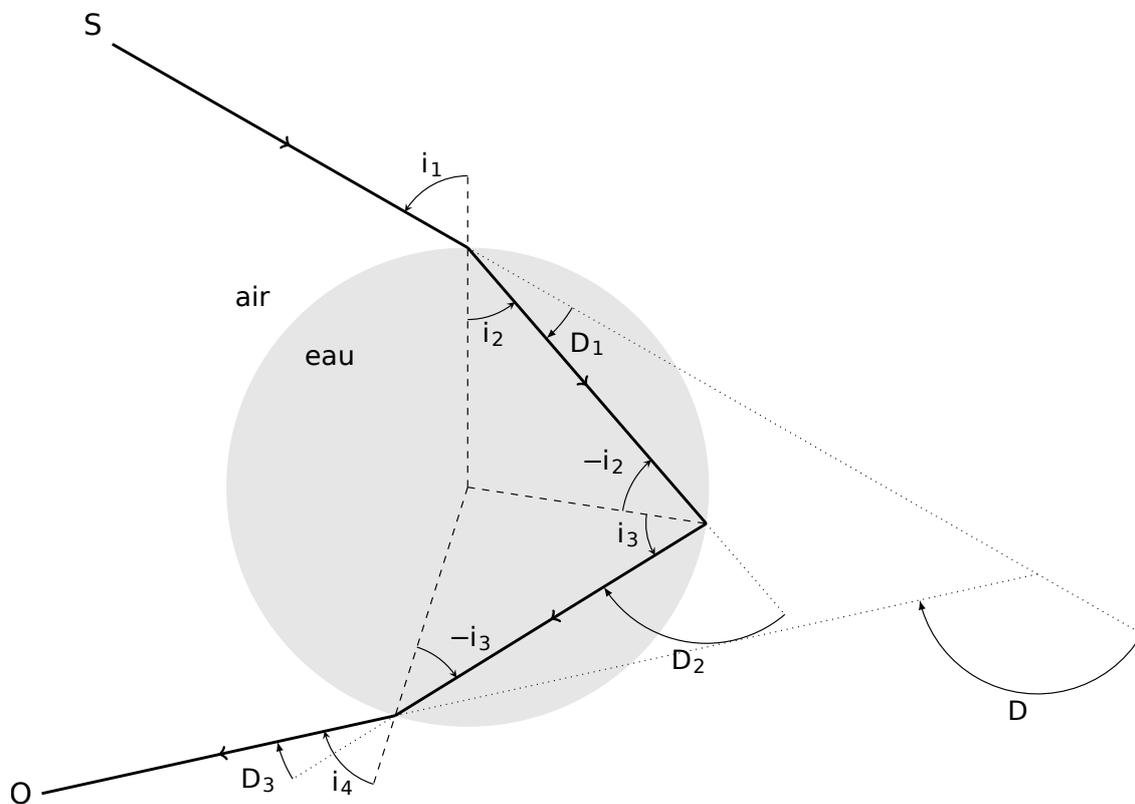
$$D = -4 \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right) + 2i_1 + \pi.$$

Le tracé de  $D$  en fonction de  $i_1$  montre que la déviation admet un minimum pour un angle proche de  $22^\circ$ . C'est ce qui explique la formation des arc-en-ciel.

### 36.22 Étude d'une goutte d'eau (angles orientés)

[●●●]

On reprend l'étude de la goutte, mais cette fois avec des angles orientés (le sens positif est le sens trigonométrique).



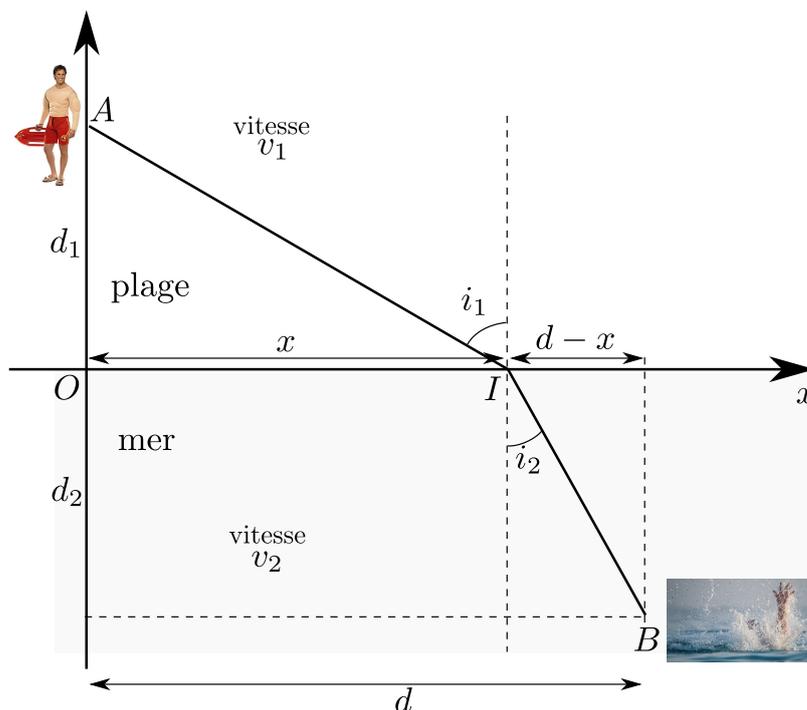
- 1 - Repérer les angles qui sont négatifs sur le schéma.
- 2 - Exprimer les angles de déviations  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  en fonction de  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  et  $i_4$ .
- 3 - À l'aide des lois de Snell-Descartes, exprimer les angles  $i_2$ ,  $i_3$  et  $i_4$  en fonction de  $i_1$  et  $n$ .
- 4 - En déduire que l'angle de déviation totale  $D$  peut s'exprimer :

$$D = 4 \arcsin \left( \frac{\sin i_1}{n} \right) - 2i_1 - \pi.$$

### 36.23 Sauvetage à la plage



Vous êtes sur la plage au point  $A$ , et dans l'eau au point  $B$  se trouve une personne ayant besoin d'aide très rapidement. Vous courez à la vitesse  $v_1$  sur la plage, et vous nagez à la vitesse  $v_2$  dans l'eau (avec vraisemblablement  $v_2 < v_1$ ). Par analogie avec l'indice optique  $n = c/v$ , on posera  $n_1 = 1/v_1$  et  $n_2 = 1/v_2$ . Votre trajet se décompose en deux lignes droites : une sur la plage et une dans l'eau. L'objectif est de trouver le parcours qui permet d'arriver le plus rapidement possible en  $B$ , donc de choisir l'abscisse  $x$  du point  $I$  pour que la durée totale  $T$  soit minimale.



On rappelle que  $(\sqrt{u})' = \frac{u'}{2\sqrt{u}}$ .

1 - Montrer que la durée de parcours peut s'exprimer comme

$$T(x) = n_1\sqrt{x^2 + d_1^2} + n_2\sqrt{(d-x)^2 + d_2^2}.$$

2 - En dérivant cette expression, montrer que la position du point  $I$  qui minimise le temps de parcours est celle pour laquelle les angles  $i_1$  et  $i_2$  vérifient :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$

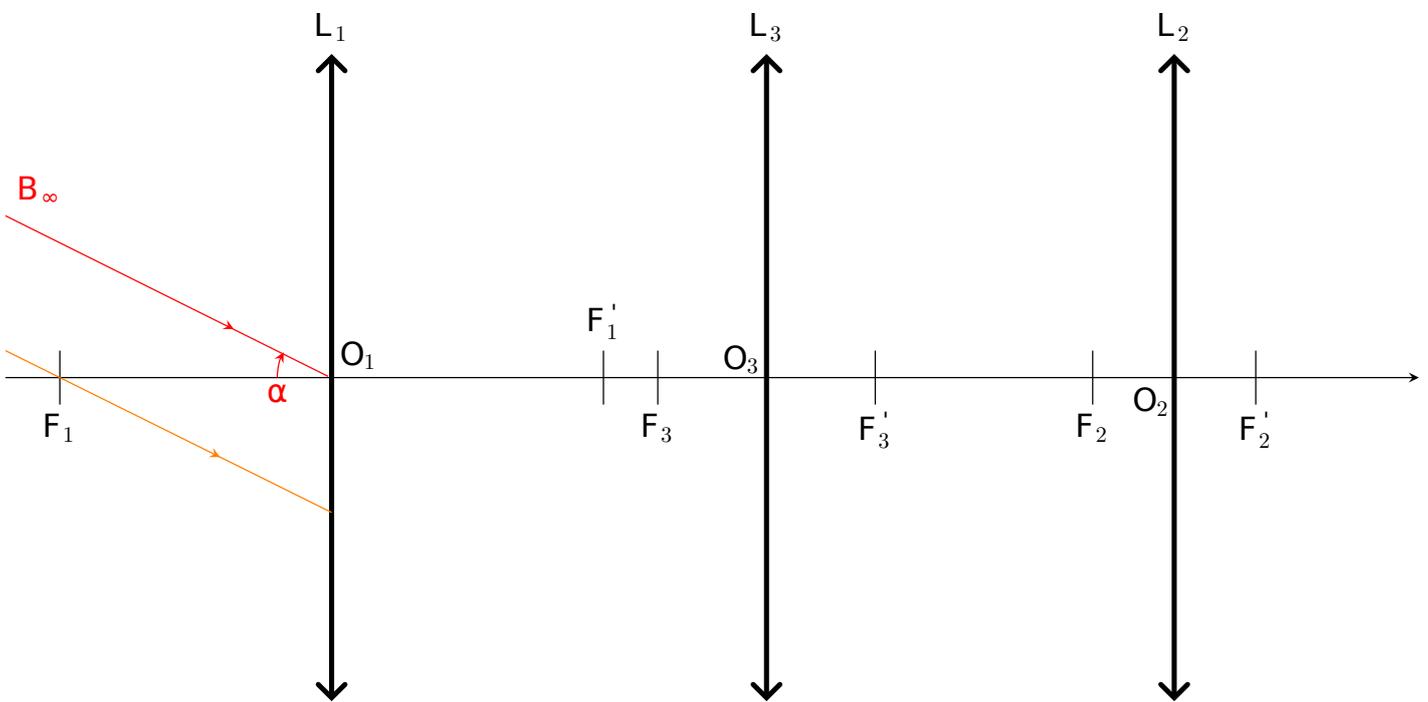
Ceci est une justification du principe de Fermat : pour aller d'un point  $A$  à un point  $B$  fixes, la lumière suit le chemin le plus rapide.

# Optique : Optique géométrique (lentilles)

## 37.10 Lunette terrestre

Une lunette terrestre fonctionne de façon analogue à une lunette astronomique, mais comporte – dans sa version la plus simple – trois lentilles. On considère dans le document réponse un objet  $A_\infty B_\infty$  situé à l'infini avec un angle d'incidence  $\alpha$ .

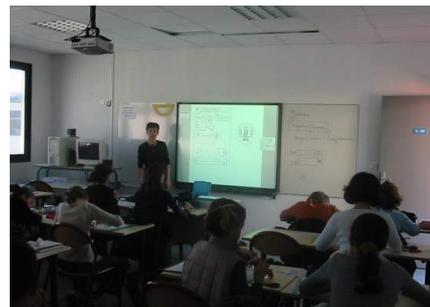
- 1 - Sur le document, faire la construction nécessaire pour faire apparaître les images successives de  $A_\infty B_\infty$  à travers les trois lentilles.
- 2 - L'image finale est-elle renversée? Est-ce un avantage pour une lunette terrestre?



## 37.15 ► Vidéoprojecteur



Un vidéoprojecteur peut être modélisé par un système optique composé d'une lentille sphérique mince ( $L_1$ ), l'objet projeté étant une dalle LCD de 24 mm de hauteur. À partir de l'image ci-contre, déterminer la distance focale de la lentille ( $L_1$ ). Il faudra faire des approximations et des estimations.



## 37.17 D'autres formules pour le grandissement

[●●○]

On considère une lentille mince convergente, un objet  $\overline{AB}$  et son image  $\overline{A'B'}$ . On s'intéresse au grandissement  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ .

On a vu en cours qu'on a aussi  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$  (simple théorème de Thales).

1 - Montrer, en vous appuyant sur un tracé et un raisonnement géométrique, qu'on a aussi la formule

$$\gamma = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$$

2 - Montrer également qu'on a  $\gamma = \frac{f'}{\overline{FA}}$ .

# Structure de la matière : molécules

## 53.15 Ammoniac et moment dipolaire

[●●○]

La molécule d'ammoniac  $\text{NH}_3$  est schématisée ci-dessous. Ces atomes sont placés sur les sommets d'une pyramide dont la base est un triangle (Figure). L'angle au sommet  $\alpha$  vaut  $107^\circ$  pour  $\text{NH}_3$ .

Les moments dipolaires des liaisons NH sont notés  $\vec{\mu}_1$ ,  $\vec{\mu}_2$  et  $\vec{\mu}_3$ . Leurs normes sont égales. On note  $\vec{\mu}$  le moment dipolaire total,  $\mu$  sa norme. On note  $\mu_1$  la norme de  $\vec{\mu}_1$ .

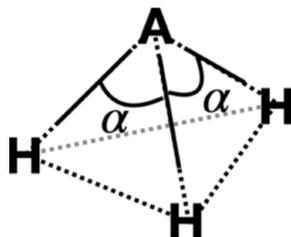


Figure – Les traits pleins symbolisent les liaisons chimiques A-H (où H représente l'atome d'azote N), les traits pointillés symbolisent la pyramide à base triangulaire sur laquelle les atomes sont disposés.

- 1 - Exprimer  $\mu$  en fonction de  $\mu_1$  et de  $\alpha$ .

## 53.14 L'ammoniac et la phosphine

[●○○]

(Banque PT 2024)

Parmi les composés hydrogénés de l'azote et du phosphore, on trouve l'ammoniac  $\text{NH}_3$  et la phosphine  $\text{PH}_3$ . Dans leurs géométries d'équilibre, ces deux composés de formule générique  $\text{AH}_3$  ont leurs atomes placés sur les sommets d'une pyramide dont la base est un triangle (Figure). L'angle au sommet  $\alpha$  vaut  $107^\circ$  pour  $\text{NH}_3$  et  $94^\circ$  pour  $\text{PH}_3$ .

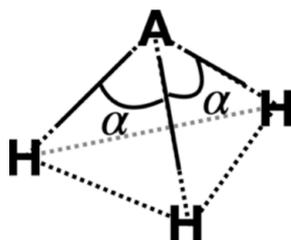


Figure – Les traits pleins symbolisent les liaisons chimiques A-H, les traits pointillés symbolisent la pyramide à base triangulaire sur laquelle les atomes sont disposés.

- 1 - Dans le cas de l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , reproduire le schéma de la Figure en indiquant les polarisations des liaisons.  
En justifiant, indiquer si l'ammoniac est une molécule polaire ou apolaire. Représenter alors son éventuel moment dipolaire (qu'il n'est alors pas nécessaire de calculer).
- 2 - Lorsqu'on refroidit l'ammoniac gazeux à une température inférieure à sa température d'ébullition, on obtient de l'ammoniac liquide. Nommer la ou les forces assurant la cohésion de l'ammoniac liquide et indiquer les ordres de grandeur des énergies associées.
- 3 - Sous pression de 1 bar, l'ammoniac bout à  $-33^\circ\text{C}$  et la phosphine bout à  $-133^\circ\text{C}$ . Interpréter la différence de température d'ébullition de l'ammoniac et de la phosphine

# Structure de la matière : cristallographie

## 54.8 Structure cristalline du chlorure d'ammonium

[●○○]

(Banque PT 2024)

On s'intéresse à la structure cristalline du chlorure d'ammonium. La maille cristallographique est un cube dont les sommets sont occupés par des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  et dont le centre est occupé par un ion ammonium  $\text{NH}_4^+$ .

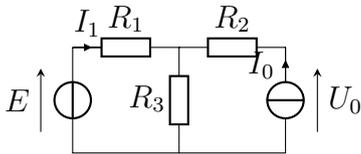
- 1 - Réaliser un schéma légendé de la maille. On représentera l'ion ammonium par l'atome d'azote uniquement.
- 2 - Déterminer la coordinence de chaque ion.
- 3 - Établir une relation entre le paramètre de maille  $a$  et les rayons ioniques  $R_{\text{NH}_4^+}$  et  $R_{\text{Cl}^-}$ .
- 4 - On suppose que le cristal est stable si les anions ne sont pas tangents. En déduire que le rapport  $R_{\text{NH}_4^+}/R_{\text{Cl}^-}$  doit être supérieur à une valeur qu'on déterminera pour que le cristal de chlorure d'ammonium soit stable.

# Électronique : Circuits électriques dans l'ARQS

## 3.16 Circuit avec deux sources

[●○○]

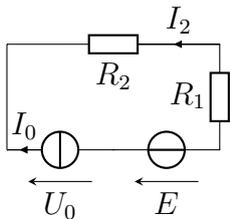
1 - Déterminer  $I_1$  et  $U_0$  en fonction de  $E$ ,  $I_0$  et des résistances.



## 3.17 Circuit avec deux sources

[●○○]

1 - Déterminer  $I_2$  et  $U_0$  en fonction de  $E$ ,  $I_0$  et des résistances.

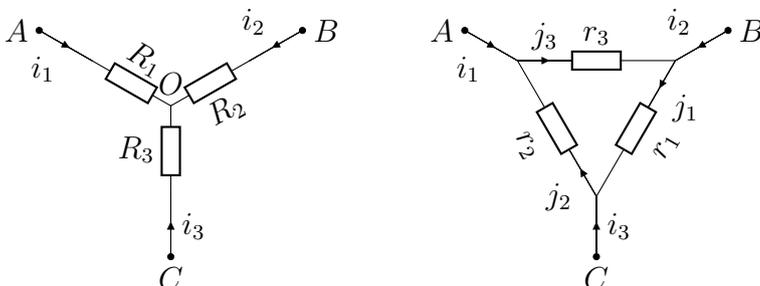


## 3.20 Équivalence étoile-triangle

[●●○]

On considère les deux circuits ci-dessous : le circuit triangle (à gauche) et le circuit étoile (à droite). Ces cablagés sont utilisés par exemple pour alimenter des moteurs en réseau triphasé (les résistances sont alors les bobinages du moteur).

On souhaite trouver des relations entre les triplets de résistances  $(R_1, R_2, R_3)$  et  $(r_1, r_2, r_3)$  pour que ces circuits soient équivalents vus de l'extérieur, c'est-à-dire pour que, les courants  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$  étant fixés, alors les tensions  $V_{AB}$ ,  $V_{AC}$  et  $V_{BC}$  soient les mêmes dans les deux cas.



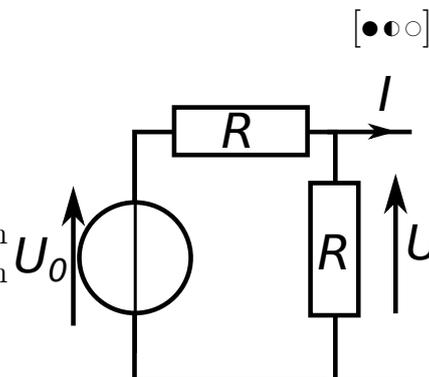
On se place dans des cas particuliers en admettant que, par le théorème de superposition, les résultats trouvés seront valables dans tous les cas.

1 - On suppose que  $i_1 = 0$ , alors que  $i_2 \neq 0$  et  $i_3 \neq 0$ . Représenter le circuit équivalent dans le cas de gauche, puis dans le cas de droite, et en déduire une relation entre les résistances pour que ces deux circuits soient équivalents.

- 2 - Faire de même dans le cas où  $i_2 = 0$  (mais pas  $i_1$  ni  $i_3$ ), puis dans le cas où  $i_3 = 0$ .
- 3 - En déduire enfin l'expression de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  en fonction de  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$ .

### 3.23 Générateur équivalent

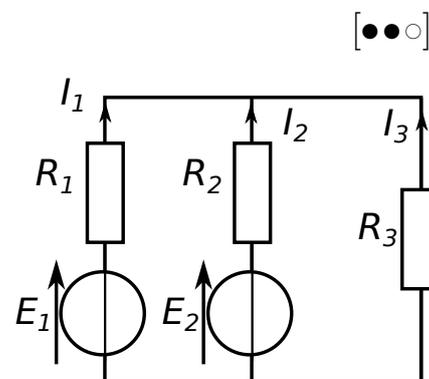
- 1 - Établir la relation entre  $U$  et  $I$  pour le dipôle ci-contre.
- 2 - En déduire que c'est un dipôle équivalent à une source de tension de résistance interne non nul (générateur de Thevenin), dont on déterminera la fem  $E$  et la résistance interne  $r$ .



### 3.24 Deux générateurs

Ci-contre,  $E_1 = 24\text{ V}$ ,  $E_2 = 32\text{ V}$ ,  $R_1 = 2\ \Omega$ ,  $R_2 = 4\ \Omega$ ,  $R_3 = 50\ \Omega$ .

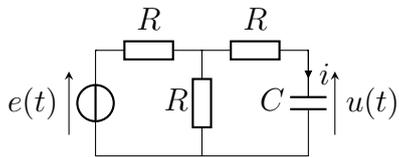
- 1 - Calculer les valeurs des trois intensités  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ .



# Systemes linéaires : Régime transitoire du 1<sup>er</sup> ordre

## 4.12 Circuit RC parallèle soumis à un échelon de tension

[●●○]



On considère le circuit ci-contre. La tension d'alimentation  $e(t)$  est nulle pour  $t < 0$  et égale à  $E > 0$  pour  $t > 0$ . Le condensateur est initialement déchargé.

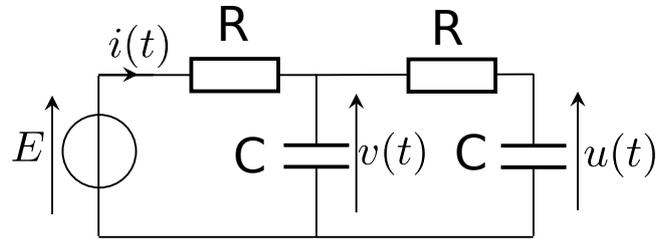
- 1 - Donner la valeur de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité le traversant lorsque  $t = 0^+$ .
- 2 - Faire de même lorsque  $t > 0$  au bout d'un temps très long (donc une fois le régime permanent atteint).
- 3 - Établir l'équation différentielle portant sur le courant  $i(t)$ .
- 4 - Résoudre cette équation. Tracer l'allure de la réponse.

# Systemes linéaires : Oscillateurs amortis

## 6.8 Double circuit RC

[...]

On étudie le circuit ci-contre. Pour  $t < 0$  les condensateurs sont déchargés et le générateur éteint. À  $t = 0$ , le générateur est mis en route avec une tension  $E$ .



- 1 - Déterminer l'expression de la tension vers laquelle tend  $u(t)$  en  $t = +\infty$ .
- 2 - On pose  $\tau = RC$ . Établir l'équation différentielle suivie par la tension  $u(t)$ .  
L'écrire sous forme canonique, exprimer la pulsation propre et le facteur de qualité.
- 3 - Donner l'expression de la solution. On exprimera tout en fonction de  $t$ ,  $\tau$  et  $E$ .
- 4 - Tracer l'allure de la solution.
- 5 - On s'intéresse à un bilan d'énergie :
  - Déterminer l'expression de l'énergie stockée dans les condensateurs à la fin de la charge.
  - Déterminer l'expression de l'énergie fournie par le générateur tout au long de la charge.
  - Faire le rapport pour en déduire le rendement de cette charge.

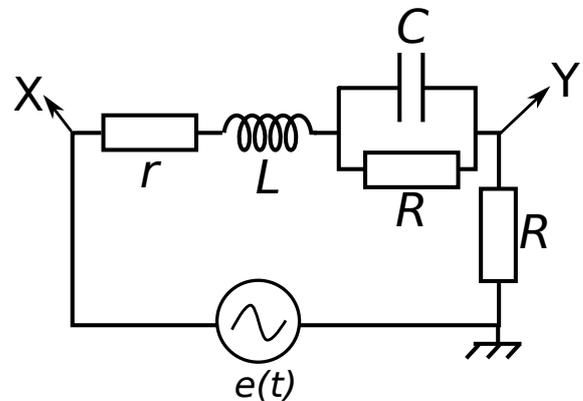
# Systemes lineaires : Regime sinusoidal force

## 7.13 Determination d'une inductance

[••○]

On realise le montage ci-contre, et on mesure sur l'oscilloscope les tensions  $u_R(t)$  et  $e(t)$ . On a  $C = 10 \mu\text{F}$ ,  $R = 100 \Omega$ .

- 1 - Determiner l'expression de l'impedance equivalente a l'ensemble des composants entre  $X$  et la masse.
- 2 - On constate que pour  $f = 180 \text{ Hz}$ , les deux signaux sont en phases. Determiner alors la valeur de l'inductance  $L$ .

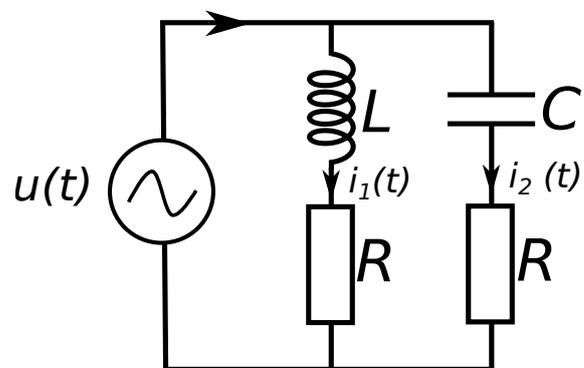


## 7.14 Etude d'un circuit en RSF

[••○]

On realise le montage ci-contre, avec  $u(t) = u_0 \cos(\omega t)$ . On mesure l'evolution des courants  $i_1(t)$  et  $i_2(t)$ .

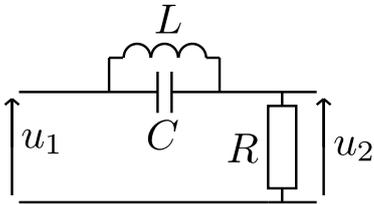
- 1 - Determiner l'expression de l'impedance  $Z$  du dipole  $AB$  (constitue de  $L$ ,  $C$ ,  $R$  et  $R$ ).
- 2 - Determiner  $i_1(t)$  et  $i_2(t)$  en fonction de  $i(t)$ , de  $L$ ,  $R$ ,  $C$ ,  $\omega$  et  $Z$ .
- 3 - Justifier que si le rapport  $I_1/I_2$  des amplitudes complexes des courants est un imaginaire pur, alors les deux courants sont dephasés de  $\pm\pi/2$ . Etablir ensuite une relation entre  $L$ ,  $C$  et  $R$  pour que cela soit le cas.
- 4 - Etablir une relation entre  $L$ ,  $C$  et  $\omega$  pour que les amplitudes reelles des deux intensités soient egales.



# Systemes linéaires : Filtrages

## 8.12 Étude d'un bloc filtre

[•○○]



Le filtre ci-contre réalise la fonction de transfert complexe  $\underline{H} = \underline{u}_2/\underline{u}_1$ , avec

$$\underline{H} = \frac{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}{1 + \frac{1}{Q\omega_0}j\omega - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}} \quad (1)$$

- 1 -
  - a. Que vaut (ou vers quoi tend) la fonction de transfert pour  $\omega = 0$ ,  $\omega = \omega_0$ , et  $\omega = +\infty$ ?
  - b. En déduire la valeur prise par le gain  $G$  en décibel en  $\omega = 0$ ,  $\omega = \omega_0$ , et  $\omega = +\infty$ .
  - c. En déduire l'allure du diagramme de Bode en amplitude, et donner la nature de ce filtre.
- 2 - Redémontrer l'expression 1 pour  $\underline{H}$ , en précisant l'expression de  $\omega_0$  et de  $Q$  en fonction de  $R$ ,  $C$  et  $L$ .

## 8.15 Filtre en cascade

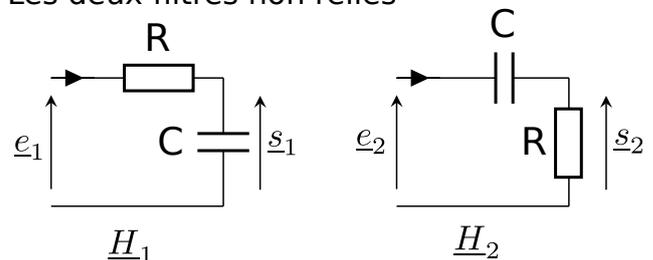
[●●○]

On souhaite associer un filtre RC (passe-bas) et un filtre CR (passe haut) en cascade afin de réaliser un filtre passe-bande.

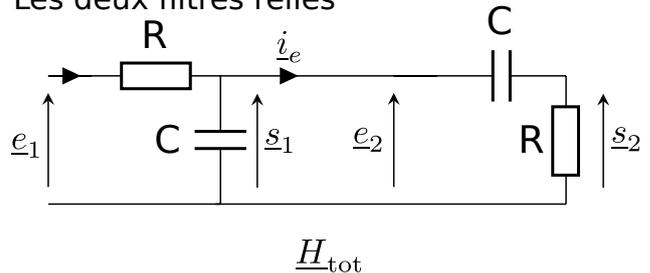
L'idée est que le premier filtre coupe les hautes fréquences, le second les basses fréquences, et donc l'ensemble forme un passe bande. C'est bien correct, mais nous allons chercher à savoir ce que vaut précisément la fonction de transfert de cet assemblage.

Notons  $\underline{H}_1 = \underline{s}_1/\underline{e}_1$  et  $\underline{H}_2 = \underline{s}_2/\underline{e}_2$  les fonctions de transfert des filtres 1 et 2 lorsqu'ils sont en "sortie ouverte", c'est-à-dire lorsque rien n'est connecté sur leur sortie (comme sur les schémas du haut).

Les deux filtres non reliés



Les deux filtres reliés



- 1 - Exprimer les fonctions de transfert  $\underline{H}_1$  et  $\underline{H}_2$ .
- 2 - Mettre  $\underline{H}_1 \times \underline{H}_2$  sous la forme  $\frac{j\omega/\omega_0}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \frac{j}{Q} \frac{\omega}{\omega_0}}$ , avec  $\omega_0$  et  $Q$  dont on précisera les expressions.
- 3 - On étudie ensuite le filtre obtenu en reliant les deux filtres précédents (circuit du bas ci-dessus). Montrer que sa fonction de transfert s'écrit  $\underline{H}_{\text{tot}} = \frac{j\omega/\omega_0}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \frac{j}{Q} \frac{\omega}{\omega_0}}$ , avec  $\omega_0$  et  $Q$  dont on précisera les expressions.
- 4 - À-t-on  $\underline{H}_{\text{tot}} = \underline{H}_1 \times \underline{H}_2$ ?