

Jour n°1

Exercice 1.1

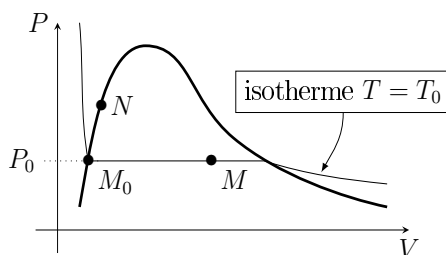
Un patient souffre d'un problème de vision. Il ne voit pas les objets nets au-delà de 26 cm, ni en-dessous de 13,5 cm.

- 1) a) Établir le diagnostic quant à la vision du patient : de quel défaut souffre-t-il?
b) Proposer une correction adaptée, tout d'abord avec une paire de lunettes qu'il portera à 2 cm de ses yeux, ensuite avec des lentilles de contact.
- 2) Avec l'âge, le patient ne pourra certainement plus lire son journal de près. Comment régler ce défaut ? Ce second problème compensera-t-il le problème initial ?

On rappelle la relation de conjugaison de Descartes : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$.

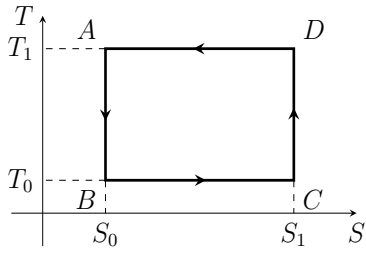
Exercice 1.2

On donne le diagramme de phases (liquide-vapeur) d'un fluide en coordonnées de Clapeyron (P, V).



Soient L_{vap} l'enthalpie massique de vaporisation, c_p la capacité thermique massique à pression constante et s_0 l'entropie massique du fluide au point M_0 .

- 1) a) Exprimer l'entropie massique s_N en N .
b) Exprimer l'entropie massique s_M en M .
- 2) Une masse $m = 500$ g de ce fluide subit un cycle de transformations réversibles représenté sur le schéma suivant en coordonnées (T, S) .



- $A \rightarrow B$ détente
 $B \rightarrow C$ vaporisation totale à $T_0 = 260 \text{ K}$
 $C \rightarrow D$ compression
 $D \rightarrow A$ liquéfaction totale à $T_1 = 310 \text{ K}$

Enthalpie de vaporisation : $L_{vap} = 130 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Capacité thermique massique du liquide : $c_p = 1,40 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- Déterminer la fraction massique de vapeur y aux points B et D sachant qu'en A le liquide est saturant et qu'en C la vapeur est saturante.
- Déterminer les transferts thermiques $Q_{i \rightarrow j}$ reçus par le fluide pour chaque étape du cycle puis le transfert thermique total reçu Q_t pour tout le cycle.
- Déterminer le travail total W_t reçu par le fluide pour tout le cycle. Commenter.

Énoncé

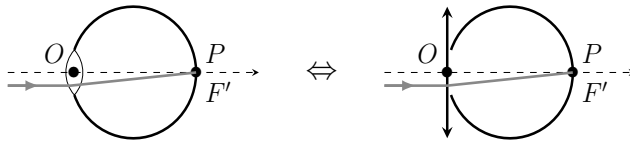
Un patient souffre d'un problème de vision. Il ne voit pas les objets nets au-delà de 26 cm, ni en-dessous de 13,5 cm.

- 1) a) Établir le diagnostic quant à la vision du patient : de quel défaut souffre-t-il ?
 b) Proposer une correction adaptée, tout d'abord avec une paire de lunettes qu'il portera à 2 cm de ses yeux, ensuite avec des lentilles de contact.
- 2) Avec l'âge, le patient ne pourra certainement plus lire son journal de près. Comment régler ce défaut ? Ce second problème compensera-t-il le problème initial ?

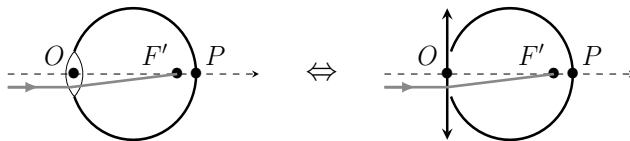
On rappelle la relation de conjugaison de Descartes : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$.

Analyse stratégique de l'énoncé

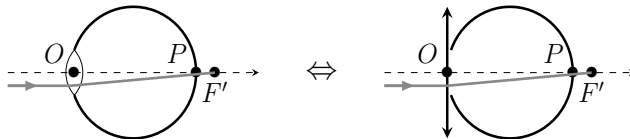
- 1) a) L'œil est assimilable à un dispositif optique centré de focale variable. Un œil normal, dit « emmétrope », possède une vision nette pour des objets placés à une distance minimale de l'ordre de 25 cm (c'est le *ponctum proximum*) jusqu'à l'infini (c'est le *ponctum extremum*). Un schéma optique avec un tracé des rayons est fortement recommandé, voire indispensable.



Œil normal au repos



Œil myope au repos



Œil hypermétrope au repos

La mise au point qui permet l'accommodation de l'œil est réalisée par les muscles du cristallin qui le contractent ce qui *diminue* la distance focale. Ainsi, un œil hypermétrope voit net à l'infini en accommodant.

↔ Un œil myope ne voit pas net à l'infini.

Rapport du jury 2016

Les examinateurs sont conscients de la difficulté d'effectuer des tracés à main levée au tableau. Cependant, même lorsque les candidats ont un temps de préparation, ils négligent généralement la possibilité d'effectuer des tracés sur feuille avec règle, ce qui permet souvent une résolution qualitative, préférant utiliser directement les formules de conjugaison données.

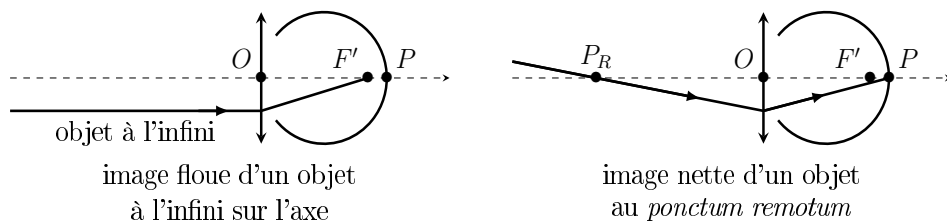
b) Le but de la correction des défauts est de rendre nette l'image d'un objet à l'infini sans accommodation. Pour cela, le dispositif de correction doit conjuguer le point de l'axe à l'infini avec le *ponctum remotum*.

↔ Il faut toujours faire un schéma optique de la situation, afin d'utiliser les relations de conjugaison à bon escient, en simplifier l'utilisation, voire de s'en passer !

2) Avec l'âge, la latitude d'accommodation est réduite. Le *ponctum proximum* s'éloigne de l'œil, c'est le défaut de presbytie. Pour le corriger, il faut rapprocher le *ponctum proximum* de l'œil. Il s'agit alors de rendre le système optique oculaire plus convergent.

Corrigé

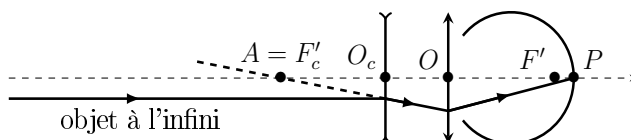
1) a) D'après l'énoncé, les objets apparaissent flous s'ils sont situés au-delà d'une distance de 26 cm. Les schémas sont les suivants :



Le *ponctum remotum* P_R est situé devant l'œil, le patient est myope.

b) L'œil myope forme l'image d'un point à l'infini en avant de la rétine lorsqu'il n'accomode pas (c'est-à-dire lorsqu'il est au repos). Les rayons venant d'un point de l'axe à l'infini convergent vers le foyer image F' puis forment une tache image sur la rétine.

La lentille correctrice, de distance focale f'_c inconnue et de centre O_c , est placée à 2 cm en avant de O : $\overline{O_cO} = 2$ cm. Cette lentille conjugue le point de l'axe à l'infini avec le point A : ce point constitue donc le foyer image F'_c de la lentille correctrice.



La construction des rayons montre directement que la lentille correctrice possède une distance focale image négative $f'_c = \overline{O_cA} = -24$ cm ; il s'agit donc d'une lentille divergente.

La lentille correctrice est une lentille divergente de focale :

$$f'_c = -24 \text{ cm.}$$

En optique, on exprime la vergence $V = \frac{1}{f'}$ d'une lentille en dioptrie : $1 \delta = 1 \text{ m}^{-1}$ soit, ici :

$$V = -4,2 \delta.$$

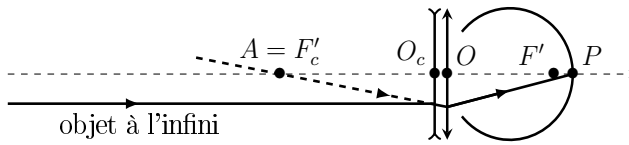
On peut remarquer que l'image que donne la lentille correctrice divergente de l'objet réel est *virtuelle*.

Dans le cas d'une lentille de contact, la distance $O_c O$ est nulle. Le schéma montre alors qu'il s'agit toujours d'une lentille divergente mais de distance focale image :

$$f'_c = -26 \text{ cm,}$$

ou encore de vergence :

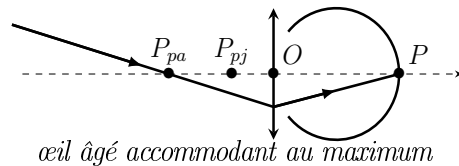
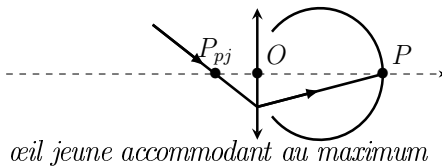
$$V = -3,8 \delta.$$



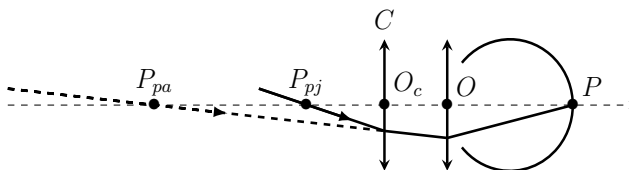
Les deux lentilles sont légèrement séparées sur le schéma pour plus de clarté.

2) L'œil myope bien corrigé est un œil normal. Avec l'âge, le *pointum proximum* P_p s'éloigne car l'accommodation maximale est réduite. On pallie le manque de convergence de l'œil grâce à une lentille convergente additionnelle.

Soient P_{pj} la position du *pointum proximum* de l'œil jeune et P_{pa} celle de l'œil âgé.



La lentille de correction (C) doit conjuguer le point P_{pj} au point P_{pa} situé plus loin de l'œil que P_{pj} .



Un rayon passant par P_{pj} doit sembler provenir de P_{pa} après la lentille de correction C .

La relation de conjugaison de Descartes s'écrit, pour les points P_{pj} (objet) et P_{pa} (image) :

$$\frac{1}{\overline{O_c P_{pa}}} - \frac{1}{\overline{O_c P_{pj}}} = \frac{1}{f'}$$

Comme $\overline{O_c P_{pa}} < \overline{O_c P_{pj}} < 0$, $\frac{1}{\overline{O_c P_{pa}}} - \frac{1}{\overline{O_c P_{pj}}} > 0$ d'où $f' > 0$ et donc :

la lentille correctrice est convergente.

Les initiatives sont appréciées quand elles ont du sens. On peut proposer des applications numériques même si l'énoncé ne les demandent pas.

On peut évaluer cette distance focale en choisissant des valeurs numériques convenables. Par exemple, si $\overline{O_c P_{pa}} = -35$ cm et $\overline{O_c P_{pj}} = -15$ cm, la vergence de la lentille correctrice est :

$$V = 3,8 \delta$$

et sa focale est :

$$f' = 26 \text{ cm.}$$

Les personnes myopes souffrent de presbytie à un âge plus avancé que les autres car leur *ponctum proximum* est, au même âge, plus près de l'œil mais la myopie n'est pas atténuée. On peut donc corriger d'abord la myopie avec des lentilles de contact puis, pour les objets proches, utiliser une paire de lunettes (dites de lecture) formées de lentilles convergentes.

Techniques à mémoriser

♡ Il faut se souvenir du modèle optique simplifié de l'œil.

♡ Il faut se souvenir du tracé des rayons pour une lentille utilisée dans l'approximation de Gauss.

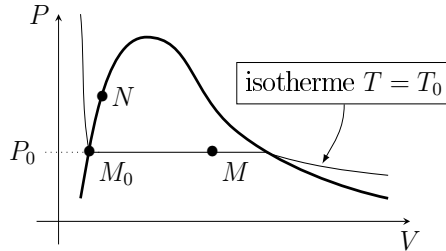
Formulaire

• Le formule de conjugaison de Descartes pour les lentilles minces s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

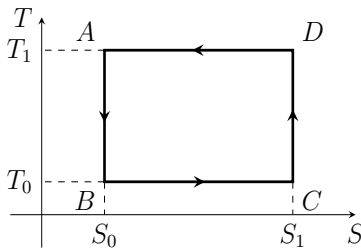
Énoncé

On donne le diagramme de phases (liquide-vapeur) d'un fluide en coordonnées de Clapeyron (P, V).



Soient L_{vap} l'enthalpie massique de vaporisation, c_p la capacité thermique massique à pression constante et s_0 l'entropie massique du fluide au point M_0 .

- 1) a) Exprimer l'entropie massique s_N en N .
- b) Exprimer l'entropie massique s_M en M .
- 2) Une masse $m = 500$ g de ce fluide subit un cycle de transformations réversibles représenté sur le schéma suivant en coordonnées (T, S) .



- $A \rightarrow B$ détente
 $B \rightarrow C$ vaporisation totale à $T_0 = 260$ K
 $C \rightarrow D$ compression
 $D \rightarrow A$ liquéfaction totale à $T_1 = 310$ K

Enthalpie de vaporisation : $L_{vap} = 130 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Capacité thermique massique du liquide : $c_p = 1,40 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- a) Déterminer la fraction massique de vapeur y aux points B et D sachant qu'en A le liquide est saturant et qu'en C la vapeur est saturante.
- b) Déterminer les transferts thermiques $Q_{i \rightarrow j}$ reçus par le fluide pour chaque étape du cycle puis le transfert thermique total reçu Q_t pour tout le cycle.
- c) Déterminer le travail total W_t reçu par le fluide pour tout le cycle. Commenter.

Analyse stratégique de l'énoncé

Il s'agit ici de donner les expressions de l'entropie d'un système diphasé puis de les utiliser dans le cas d'une suite de transformations.

- 1) a) Il faut d'abord identifier la courbe donnée : il s'agit de la courbe d'ébullition sur la partie croissante et de la courbe de rosée sur la partie décroissante. Dans ce cas, les points M_0 et N sont situés sur la courbe d'ébullition. Ils correspondent donc à un état *totalelement liquide* du fluide et donc quasiment *incompressible*.
- ↔ Dans ce cas, la pression ne modifie pas les valeurs des grandeurs d'état. On peut négliger son influence.
- b) Le point M en revanche se trouve sur la même isotherme T_0 que M_0 . La transformation $M_0 \rightarrow M$ correspond à une vaporisation partielle du liquide et donc à un système diphasé (une vaporisation totale aboutirait à la courbe de rosée).
- ↔ Il faut se familiariser avec les diagrammes d'état en coordonnées (P, V) , retrouver la signification des courbes et des différents domaines pour identifier l'état physique du système aux points N et M .
- 2) a) Le cycle donné fournit les informations en température et entropie. Pour définir complètement les états en chacun des points A, B, C et D , il faut se servir de la nature des différentes étapes. Une utilisation des deux diagrammes (P, T) et (T, S) est fructueuse. En particulier, on se sert de l'égalité des entropies aux points C et D .
- ↔ Il faut tracer le cycle dans le diagramme (P, T) et placer les points par rapport aux courbes de rosée et d'ébullition.
- b) Les transferts thermiques s'expriment à partir de la nature des transformations. Une transformation adiabatique, par définition, est accompagnée d'un transfert thermique nul. Pour une transformation isobare, le transfert thermique est égal à la variation d'enthalpie.
- ↔ Le transfert thermique total est la somme des transferts sur chacune des étapes.
- c) Le travail se déduit des résultats précédents par application du premier principe.
- ↔ Il faut toujours définir le système sur lequel on applique les principes de la thermodynamique.

Corrigé

- 1) a) Les points M_0 et N sont sur la courbe d'ébullition. En ces deux points, l'état physique du système (le fluide) est l'état entièrement liquide. Soit T_N la température et P_N la pression en N . Cette pression est d'ailleurs la pression de vapeur saturante : $P_N = P_{sat}(T_N)$. On peut noter que $T_N > T_0$ puisque l'isotherme correspondant à N est au-dessus de celle passant par M_0 .

De M_0 à N , la transformation du système est un changement de température, de pression, de volume (très faible), mais sans changement d'état.