

SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 3 heures

L'usage d'une calculatrice n'est pas autorisé pour cette épreuve.

Les applications numériques sont prévues pour être faites sans calculatrice.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le chef de centre qui vérifiera et éventuellement remplacera son sujet.

A la recherche d'eau potable.

L'accès à l'eau potable est un enjeu vital pour une grande partie de la population terrestre. Un défi majeur pour les sciences physiques et chimiques est de trouver des réponses face aux difficultés d'approvisionnement en eau dans de nombreuses régions du globe et pour assurer une eau de qualité alimentaire aux êtres humains.

Ce sujet est constitué de deux problèmes indépendants, l'un de chimie et l'autre de physique.

Le problème de **chimie** comporte cinq parties indépendantes numérotées de 1 à 5.

Le problème de **physique** comporte trois parties indépendantes numérotées de 1 à 3.

CHIMIE

Données

Numéros atomiques de l'atome d'hydrogène H et de l'atome d'oxygène O ; $Z(\text{H}) = 1$ et $Z(\text{O}) = 8$.

Masses molaires atomiques : $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Fe}) = 56 \text{ g.mol}^{-1}$.

Electronégativité dans l'échelle de Pauling : $\chi(\text{H}) = 2,2$; $\chi(\text{O}) = 3,5$

Constante molaire des gaz parfaits : On prendra $R \approx 8 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Produit de solubilité de $\text{Fe}(\text{OH})_3$: $K_s = 10^{-38}$.

1. Structure de la molécule d'eau H_2O

1.1. Représenter le modèle de Lewis de la molécule d'eau de formule chimique H_2O et justifier à l'aide de la théorie VSEPR la forme géométrique de la molécule d'eau.

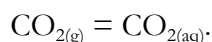
1.2. Justifier le caractère polaire de l'eau. Expliquer pourquoi la molécule d'eau peut être modélisée par un dipôle électrique, de moment dipolaire électrique $\vec{p}$ et représenter cette grandeur sur le schéma de la molécule d'eau.

2. Etude du pH de l'eau potable

La molécule d'eau appartient à deux couples acide base : $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$ et $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$.

2.1. L'eau pure est un solvant ionisé. Expliciter cette affirmation.

2.2. L'eau potable n'est pas pure mais contient un grand nombre de corps dissous. C'est le cas du dioxyde de carbone gazeux qui se dissout dans l'eau selon l'équilibre chimique suivant :



2.2.1. Ecrire l'équation de la réaction de l'eau avec $\text{CO}_{2(\text{aq})}$, qui donne des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et déduire que $\text{CO}_{2(\text{aq})}$ est un acide de Brönsted.

2.2.2. On appelle K_{A1} la constante d'équilibre de cette réaction. Donner l'expression littérale de K_{A1} .

2.2.3. Déterminer le pH d'une eau dont la concentration apportée en dioxyde de carbone dissous est de $C_0 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. On prendra pour la constante de cet équilibre la valeur de $K_{A1} = 10^{-6}$ à 25°C. Justifier les hypothèses à faire pour simplifier les calculs.

2.2.4. L'ion hydrogénocarbonate est aussi un acide qui peut réagir à son tour avec l'eau selon un équilibre chimique dont la constante K_{A2} est de 10^{-13} à 25°C. Justifier qualitativement la prise en compte ou non de cet équilibre dans la valeur du pH.

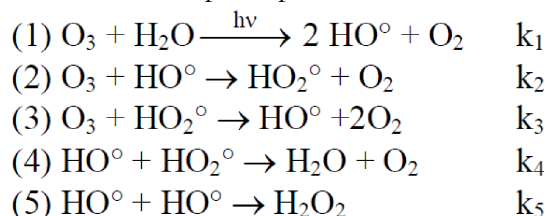
3. Traitement de l'eau par l'ozone

D'après la revue des sciences de l'eau, qui propose des extraits d'articles de recherche, on relève des informations sur le traitement de l'eau par l'ozone :

« L'ozone en solution aqueuse absorbe les radiations UV avec un maximum d'absorption à 253,7 nm (*Van Craeynest et al., 2004*). Cette réaction conduit à la production de radicaux libres qui sont des espèces oxydantes très réactives et efficaces pour éliminer les polluants organiques et bactériens.

Les actes élémentaires notés i de (1) à (5) se produisent notamment en milieu aqueux.

Les actes mettant en jeu les polluants ne sont pas représentés ici.



Ce type de couplage a pour la plupart été employé pour l'élimination des composés organochlorés volatils notés COCV. *Bhownick et Semmens (1994)* ont étudié la performance du couplage O_3/UV pour l'oxydation de plusieurs COCV : CHCl_3 , CCl_4 , trichloroéthylène (TCE), PCE, etc...

Le radical hydroxyle HO° est une espèce composée d'un atome d'oxygène et d'hydrogène possédant un électron non apparié (électron célibataire) sur son orbitale externe. Contrairement aux ions, les radicaux hydroxyles sont produits à partir d'une rupture homolytique d'une liaison covalente, c'est-à-dire que les deux électrons mis en jeu lors de cette liaison sont également partagés, un électron pour chaque atome (*Millet, 1992a,b*). Cette caractéristique lui confère un caractère fortement polaire et, par voie de conséquence, il est très réactif vis-à-vis de nombreux composés organiques aromatiques et aliphatiques, inorganiques et bactériens. Il s'agit d'espèces hautement réactives caractérisées par une demi-vie de

l'ordre de 10^{-9} s (*Maestre, 1991; Pulgarin et al., 1994*). Son potentiel standard d'oxydoréduction est de 2,81 V par rapport à l'électrode standard à hydrogène. Il est de loin l'un des oxydants les plus puissants qui puissent être utilisés en traitement des eaux.

Ces espèces radicalaires sont peu sélectives vis-à-vis de l'oxydation des polluants, comparativement à la réaction d'oxydation de certains oxydants par exemple O_3 et H_2O_2 . Ils réagissent sur les composés

organiques avec des constantes cinétiques de réaction pouvant atteindre $10^9 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1}$ (Karam *et al.*, 1991). Le **tableau 1** compare les constantes de vitesse de l'ozone et des radicaux hydroxyles lors de l'oxydation de quelques molécules organiques. Les radicaux hydroxyles et l'ozone oxydent les molécules comme le benzène, le toluène, le chlorobenzène, le trichloréthylène et le butanol.

Buxton *et al.* (1988) ont largement étudié la cinétique de réaction de OH° sur les composés organiques aliphatiques et aromatiques (**Tableaux 2 et 3**). D'après les valeurs répertoriées, on peut en déduire que les radicaux hydroxyles réagissent plus vite avec les composés monosubstitués qu'avec les composés polysubstitués. En outre, les radicaux hydroxyles réagissent plus rapidement sur les composés organiques porteurs de groupements activants que sur ceux présentant des groupements désactivants. »

Composé organique	Constante de vitesse ($\text{L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1}$)	
	O_3	HO°
Benzène	2,0	$7,8 \times 10^9$
Toluène	14	$7,8 \times 10^9$
Chlorobenzène	0,75	$4,0 \times 10^9$
Trichloroéthylène	17	$4,0 \times 10^9$
Tétrachloroéthylène	$< 0,10$	$1,7 \times 10^9$
n-butanol	0,60	$4,6 \times 10^9$
t-butanol	0,03	$0,4 \times 10^9$

Tableau 1 : Comparaison des constantes de vitesse de réaction de l'ozone et des radicaux hydroxyles avec quelques molécules organiques (Parsons, 2004).

Composés aliphatiques	Substituants	$k(\times 10^7 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1})$
Méthane	-H	11
Méthanol	-OH	97
Méthylamine	$-\text{NH}_2$	420
Ion méthyl ammonium	$-\text{NH}_3^+$	3,5
Diméthyl ether	$-\text{OCH}_3$	100
Acétone	$-\text{COCH}_3$	11
Acétaldéhyde	-CHO	73
Dibromométhane	$-\text{Br}_2$	9,0
Trichlorométhane	$-\text{Cl}_3$	5,4

Tableau 2 : Constantes de vitesse de réaction des radicaux hydroxyles en milieu aqueux sur les composés aliphatiques.

Composés aromatiques monosubstitués	substituants	$k(\times 10^9 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1})$	Composés aromatiques polysubstitués	$k(\times 10^9 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1})$
Benzène	-H	7,8	Phtalates	4,0
Phénol	-OH	14	Trichlorobenzène	4,0
Aniline	$-\text{NH}_2$	15	Dichlorobenzène	5,0
Anisole	$-\text{OCH}_3$	5,4		
Toluène	$-\text{CH}_3$	3,0		
Ethylbenzène	$-\text{CH}_2\text{CH}_3$	7,5		
Acide benzoïque	$-\text{COOH}$	4,3		
Benzaldéhyde	-CHO	4,4		
Nitrobenzène	$-\text{NO}_2$	3,9		
Chlorobenzène	-Cl	5,5		
Fluorobenzène	-F	10		

Tableau 3 : Constantes de vitesse de réaction des radicaux hydroxyles sur les composés aromatiques monosubstitués (*Buxton et al., 1988*) et polysubstitués (*Haag et Yao, 1992*).

3.1. Le radical hydroxyle HO° est un oxydant dont le potentiel standard du couple redox auquel il appartient vaut 2,81 V.

3.1.1. Quel est le nombre d'oxydation de l'oxygène dans le radical HO° ? En déduire le réducteur de ce couple et écrire la demi équation redox de ce couple.

3.1.2. Comparer les vitesses de dégradation d'un composé organique par l'ozone et par les radicaux hydroxyles. Proposer un usage, à bon escient, de cette propriété pour dégrader efficacement les composés organiques présents malencontreusement dans les eaux naturelles.

3.2. Les constantes de vitesse sont exprimées en $\text{L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1}$. Déduire l'ordre éventuel de ces réactions en expliquant la démarche.

3.3. La transformation de l'ozone en dioxygène sous l'influence des UV comporte les 5 étapes notées (i) de (1) à (5). On note k_i la constante de vitesse de l'étape (i).

3.3.1. Quelle relation peut-on écrire entre la longueur d'onde λ des UV et l'énergie de liaison E_L de la molécule d'ozone ? Avec les valeurs numériques proposées, et en prenant $\lambda = 2,5 \times 10^{-7} \text{ m}$, estimer et commenter l'ordre de grandeur de l'énergie de liaison E_L .

3.3.2. Commenter le rôle des 5 actes élémentaires.

3.3.3. On définit v comme la vitesse de disparition de O_3 . Pour simplifier le mécanisme, **on ne prend pas en compte l'acte élémentaire (4).**

Ecrire les vitesses de formation du radical hydroxyde, $\frac{d[\text{HO}^\circ]}{dt}$ et du radical HO_2° , $\frac{d[\text{HO}_2^\circ]}{dt}$ en fonction des vitesses v_i des différents actes puis exprimer v en fonction des constantes k_i et des concentrations des différentes espèces dans le milieu.

3.3.4. On se place dans le cadre des chaînes longues, c'est-à-dire que l'on peut négliger la vitesse de disparition de O_3 lors de l'étape d'initiation par rapport à la vitesse de disparition de O_3 lors des étapes de propagation. Montrer que, pour des réactions en solution aqueuse, on peut écrire :

$v = k_{\text{app}} [\text{O}_3]^{\frac{3}{2}}$ où k_{app} est une constante que l'on précisera en fonction des k_i et d'une concentration particulière à justifier.

3.4. Justifier pourquoi il devrait être possible de faire un parallèle entre l'action de l'oxydant HO° sur un cycle aromatique et la substitution électrophile aromatique.

3.5. D'après le document, les substituants CH_3 , OH et CHO sont-ils activants ou désactivants ? Par analogie avec la substitution électrophile aromatique, était-ce prévisible ? Conclure.

3.6. Le 2-méthylpropan-2-ol ou t-butanol peut être obtenu par hydrolyse d'un alcène, le méthylpropène.

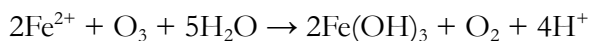
3.6.1. La réaction du méthylpropène avec l'eau en présence d'acide sulfurique conduit à deux intermédiaires carbocations. Ecrire le mécanisme de la formation de ces carbocations.

3.6.2. Dédurre la nature des produits obtenus dont on donnera le nom et la formule semidéveloppée. Commenter la régiosélectivité de l'hydratation du méthylpropène.

4. Oxydation du fer dans l'eau par l'ozone

Le rôle de l'ozone, dans le traitement des eaux potables, a été longtemps limité à l'élimination des bactéries et virus, et de la couleur. Depuis plusieurs années, il est utilisé pour l'élimination de l'élément Fer.

L'action de l'ozone sur l'ion fer II se traduit par l'équation de réaction suivante :



L'oxydation du fer par l'ozone nécessite 0,43 mg O_3 /mg Fe.

4.1. Justifier la valeur du rapport des masses.

$$\frac{4}{9} \approx 4,4 \times 10^{-1}$$

On donne le rapport :

4.2. Identifier les couples redox mis en jeu et préciser les échanges électroniques pour ces couples.

On donne les potentiels standard $E^\circ(\text{O}_{3(\text{g})}/\text{O}_{2(\text{g})}) = 2,07 \text{ V}$ et $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$

Prédire sans calcul à l'aide de ces potentiels standard si les ions Fe^{2+} sont oxydés par l'ozone.

Commenter sans calcul l'influence du pH sur la nature des produits. Comment l'élément Fer est-il séparé de l'eau ?

5. Dissociation de l'eau

L'eau se dissocie à haute température selon la réaction : $2\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} = 2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$

La constante $K^\circ(T)$ de l'équilibre correspondant est donnée par la relation :

$$\ln K^\circ = -\frac{A}{T} + B \times \ln T + C \times T + D$$

A, B, C et D sont quatre nombres positifs.

5.1. Exprimer les trois grandeurs standard de réaction suivantes et indiquer leur nom :

$$\Delta_r G^\circ(T) ; \Delta_r H^\circ(T) ; \Delta_r S^\circ(T).$$

5.2. Les valeurs approchées de A, B, C et D sont $A = 6 \times 10^4$; $B = 9 \times 10^{-1}$; $C = 10^{-3}$ et $D = 4$.

5.2.1. Estimer les valeurs des trois grandeurs standard de réaction à $T = 1000 \text{ K}$.

On donne : $\ln(1000) \approx 7$.

5.2.2. Quelles conclusions peut-on faire à partir du signe de ces trois grandeurs ?

5.2.3. Dans un réacteur, maintenu à la température de 1500 K sous la pression constante de 1 bar, on introduit de l'eau. Dans ces conditions la constante d'équilibre vaut $K^\circ(1500) = 4 \times 10^{-12}$.
Estimer l'ordre de grandeur de la fraction molaire en dioxygène formé lors de la dissociation de l'eau.

PHYSIQUE

Données

Intensité du champ de pesanteur : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Masse volumique de l'eau potable : $\mu = 1 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

1. Transport des glaciers

« Le projet icedream est l'idée de l'ingénieur français Georges Mougin qui développe et affine son concept révolutionnaire depuis plus de 40 ans : remorquer des icebergs et les exploiter pour produire de l'eau douce !

Grâce à la puissance de la plate-forme 3D Experience de Dassault Systèmes, il a récemment démontré la faisabilité technique de son projet, que certains considéraient encore comme un rêve fou.

A l'aide d'expériences virtuelles immersives et de simulations scientifiques 3D, Georges Mougin a récemment testé de nombreux scénarios dans des temps record et franchit un cap décisif sur son projet. Les fondamentaux du projet pilote sont donc les suivants : un tabulaire d'environ 10 millions de tonnes, un remorqueur d'une force de traction de 130 tonnes, et un trajet fixé entre Terre-Neuve et les Iles Canaries.

Pour réduire la fonte de l'iceberg Georges Mougin a imaginé une invention inédite : une jupe constituée de plusieurs bandes géantes de géotextile non tissé, qui enveloppera la partie immergée de l'iceberg et la protégera contre l'érosion due aux courants marins. Grâce à l'eau de fonte, un matelas d'eau se créera au fil du trajet entre l'iceberg et la jupe, et isolera l'iceberg des courants sur un principe similaire à celui du double vitrage (**Figure 1**).

Figure 1 : Modèle d'enveloppement de l'iceberg

Les icebergs sont désormais bien connus. C'est sur un tabulaire de près de 10 millions de tonnes que Georges Mougin a décidé de tester ses concepts. Un tabulaire est stable, de formes régulières, et présente un risque minimum de fracture et de retournement sur lui-même. Sa fonte sera beaucoup plus lente que pour un iceberg en étoile ou d'une autre forme éclatée.

Selon Georges Mougin, un seul remorqueur devrait suffire à déplacer l'iceberg en utilisant la force des courants porteurs, grâce au principe de la dérive assistée. En effet, les progrès effectués en climatologie, en océanographie et l'avènement des satellites a permis de dresser des cartographies précises des courants marins et des vents, et même d'en prévoir les variations à venir avec des degrés de pertinence très fiables.

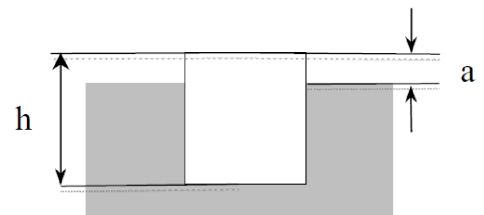
Quelques dizaines de simulations plus tard, l'équipe dresse un premier bilan :

- Avec un remorqueur standard, on sait aujourd'hui tracter un iceberg de plusieurs millions de tonnes sur des milliers de kilomètres. Sur l'exemple des Iles Canaries, le trajet peut être réalisé en 141 jours à la vitesse moyenne de 1,5 km/h.

- Aussi, avec un système de protection contre la fonte efficace, on sait limiter la fonte de l'iceberg.

Sur l'exemple des Iles Canaries, l'iceberg perd en moyenne 38% de sa masse. »

1.1. Un iceberg de forme parallélépipédique (hauteur h , largeur l , longueur L , température 0°C) flotte immobile à la surface d'une eau à 15°C . On appelle a



la hauteur à l'air libre. Connaissant les masses volumiques de l'eau de mer ($\mu_l = 1,025 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$)

et de la glace ($\mu_s = 0,920 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$) à 0°C , déterminer le rapport $\frac{a}{h}$.

$$\text{On donne : } 1,025 - 0,920 = 0,105 ; \quad \frac{0,920}{1,025} = 0,896 \quad \text{et} \quad \frac{1,025}{0,920} = 1,114.$$

Le remorqueur exerce une force de traction dont la norme convertie dans les unités du système international est $F = 1,3 \times 10^6$.

1.2. Quelle est cette unité ?

1.3. L'iceberg de masse m avance dans une eau calme en l'absence de courant marin à la vitesse constante $\frac{v}{v_L}$ sous l'action de la force de traction. On fait l'hypothèse que les forces de frottements sont modélisées par une expression du type $\vec{f} = -\alpha \vec{v}$ qui représente l'ensemble des actions qui s'opposent à l'avancée de l'iceberg. α est un coefficient de frottement positif.

L'iceberg de masse m se déplace selon une trajectoire rectiligne. Le référentiel terrestre est supposé être un référentiel galiléen pour cette étude.

1.3.1. Ecrire la relation fondamentale de la dynamique du point (RFD) appliquée à l'iceberg assimilé à un point matériel en faisant intervenir toutes les forces rencontrées précédemment.

1.3.2. Ecrire l'équation différentielle du mouvement en projetant la RFD sur l'axe Ox du mouvement.

1.3.3. Résoudre cette équation différentielle et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme suivante :

$$v = v_L \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad \text{où } v_L \text{ est une constante que l'on identifiera et que l'on interprétera à l'aide des données du document.}$$

1.3.4. Le système constitué du remorqueur et de l'iceberg considéré comme un système rigide avance à la vitesse v_L sous l'action de la puissance motrice P_m du remorqueur.

Montrer que l'application du théorème de l'énergie cinétique permet d'en déduire une relation entre α , P_m et v_L .

Quelle est alors l'expression de la constante τ en fonction de m , P_m et v_L .

1.3.5. On considère que la vitesse v atteint la valeur v_L pour une date t telle que $t = 5\tau$. Calculer numériquement cette valeur en utilisant les données suivantes $P_m = 500 \text{ kW}$ et $v_L = 0,6 \text{ m.s}^{-1}$.

1.3.6. Faire un commentaire critique sur les choix proposés pour modéliser ici le remorquage de l'iceberg.

2. Pompage de l'eau souterraine

Pour puiser l'eau en sous-sol, on utilise en Afrique une pompe alimentée par un moteur Stirling solaire.

2.1. Etude préliminaire.

On considère un système décrivant un cycle thermodynamique durant lequel il est susceptible d'échanger de la chaleur avec une ou deux sources thermiques ainsi qu'un travail avec le milieu

extérieur.

On note :

U la fonction d'état énergie interne du système,

S la fonction d'état entropie du système,

S^P l'entropie produite ou créée par le système durant le cycle complet,

W le travail reçu algébriquement par le système durant le cycle complet.

2.1.1. Lorsque le système décrit un cycle complet, quelles sont les valeurs particulières de la variation d'énergie interne ΔU et d'entropie ΔS du système ?

On commence par traiter le cas particulier d'une machine monotherme échangeant de la chaleur avec une source à la température T_1 . On note Q_1 la chaleur reçue algébriquement par le système en provenance de la source.

2.1.2. En utilisant les deux premiers principes de la thermodynamique, montrer que dans ce cas le système peut uniquement recevoir du travail et fournir de la chaleur.

2.1.3. Quelles sont les valeurs de S^P , W et Q_1 lorsque l'évolution thermodynamique du système est réversible ?

On s'intéresse maintenant au cas d'une machine ditherme. On note Q_C et Q_F les chaleurs reçues algébriquement par le système durant le cycle complet en provenance respectivement des sources thermiques de température T_C et T_F . On supposera $T_C > T_F$.

2.1.4. Montrer que Q_C peut s'exprimer de deux façons différentes en fonction de Q_F :

$$Q_C = a_1 Q_F - W$$

$$Q_C = a_2 Q_F + a_3 S^P$$

où a_1 est une constante, a_2 et a_3 deux expressions faisant intervenir T_F et T_C .

On se place par la suite dans le cas particulier où $a_2 = -2$, $a_3 S^P = -1$ J et $W = -0,5$ J.

2.1.5. Quel est le type de machine thermique considéré ?

2.1.6. Déterminer les valeurs numériques respectives de Q_F et Q_C . Interpréter les signes de Q_C et Q_F .

2.1.7. Définir et calculer numériquement le rendement η de ce type de machine.

2.1.8. Déterminer l'expression de η en fonction de T_C , T_F , Q_C et S^P . Interpréter l'expression de η lorsque l'évolution de ce système est réversible.

2.2. Moteur Stirling

On considère un fluide enfermé dans une enceinte close comportant deux pistons, un piston de déplacement P_d et un piston de travail P_t . Cette enceinte est constituée d'un cylindre creux ainsi que d'une zone de récupération de chaleur (**Figure 2**).

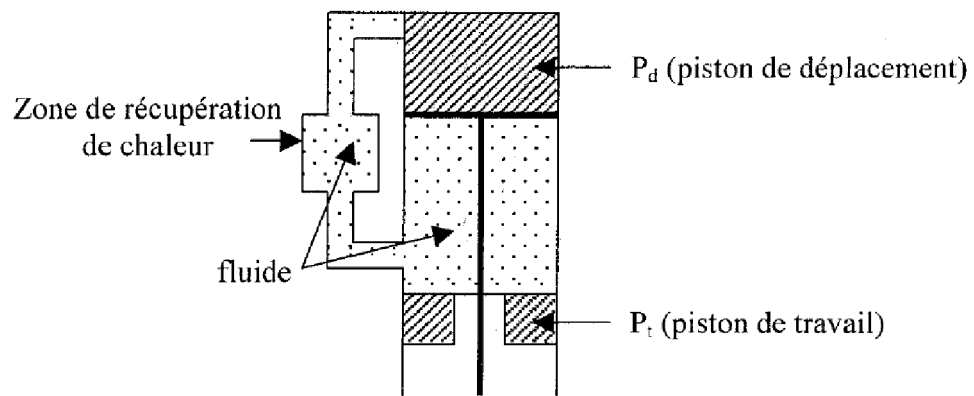


Figure 2 : Moteur de Stirling

Le moteur Stirling possède un rendement identique à celui du théorème de Carnot.

2.2.1. Rappeler le théorème de Carnot sur le rendement maximal d'une machine thermique. Un concentrateur solaire permet de récupérer le transfert thermique du Soleil sur la zone de récupération de la chaleur où la température atteint la valeur $T_C = 600 \text{ K}$. La température du fluide dans la zone froide est $T_F = 300 \text{ K}$.

2.2.2. Pour une puissance thermique $P_{th} = 1 \text{ kW}$, quelle est la puissance mécanique P_{me} du moteur de Stirling ?

2.2.3. Quel débit volumique D_V d'eau pourrait-on extraire d'un puits où l'eau se trouve à 5 m en dessous du sol ?

2.2.4. En pratique, avec un concentrateur solaire et un moteur Stirling, le rendement atteint 30%. Pourquoi est-ce plus intéressant que l'association d'une pompe électrique alimentée par des cellules photovoltaïques ?

3. Retour sur le traitement de l'eau potable par l'ozone

L'injection de l'ozone gazeux dans la canalisation pour le traitement de l'eau se fait avec un injecteur Venturi.

3.1. L'eau est un fluide incompressible; quelle loi de conservation permet de connaître l'influence de la variation de section de la canalisation sur la vitesse d'écoulement de l'eau ? En déduire une relation entre les vitesses v_1 et v_2 et les aires A_1 et A_2 des sections de la canalisation de la **figure 3**.

3.2. L'effet Venturi consiste en une diminution de la pression p du fluide lorsque sa vitesse v augmente. Quelle loi de la dynamique des fluides permet d'interpréter cet effet ?

Figure 3 : Venturi

3.3. Donner l'expression de cette loi et ses conditions d'application.

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho}$$

3.4. Quelle variation relative de pression $\frac{p_1 - p_2}{p_1}$ peut-on atteindre lorsque le rapport des aires vaut $\frac{A_1}{A_2} = 100$, pour une vitesse $v_1 = 1 \text{ cm.s}^{-1}$ et une pression $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$. En quelle partie de la canalisation doit-on injecter l'ozone ?

3.5. Le nombre de Reynolds délimite grossièrement le type d'écoulement. Pour la canalisation de diamètre $D_1 = 10 \text{ cm}$, où s'écoule de l'eau de viscosité dynamique $\eta = 10^{-3} \text{ Pa.s}$, de masse volumique μ et de vitesse v_1 , calculer la valeur du nombre de Reynolds et indiquer le type d'écoulement.

FIN DE L'EPREUVE

