

# **GROUPE DE TRAVAIL**

# **PHYSIQUE**

# La pompe à eau solaire

## Table des matières

Introduction à l'expérience .....	3
Références programmes.....	4
Protocole.....	6
Points de théorie.....	11
Pour aller plus loin .....	13
Notes méthodologiques (pour une exploitation en 1 période) .....	13
Sources bibliographiques.....	14
Sources sitographiques.....	14
Expériences complémentaires - Rappels .....	15
1. Dilatation des gaz (Température/Pression/Volume) .....	15
2. Simulation du rayonnement solaire.....	16
3. Vérification convection .....	19
4. Simulation du refroidissement nocturne.....	20
5. « Crash Can » .....	21
6. Différence entre gaz, vapeur sèche et vapeur saturante.....	22
7. Relation Pression/Température.....	24
8. Pression hydrostatique .....	25
9. La fontaine jaillissante .....	27
10. Rendement .....	28

## Introduction à l'expérience

Cette expérience est une simulation d'une pompe à eau solaire à l'usage des habitants de contrées désertiques, pour récupérer l'eau située à faible profondeur dans le sol. Ils profitent ainsi du grand écart de température entre le jour et la nuit. Cette pompe est tout à fait écologique et à bas coût.

- Chercher une référence sur le terrain ? (Mauritanie ???)
- Association Balavoine NON !!! Moto-pompes !!!!
- + Références revue Mme Grandjean ULg

## Références programmes

### Physique

#### Sciences générales:

##### *UAA2 « Flotte, coule, vole »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Notion de fluide
  - o Pression dans un fluide
  - o Pression hydrostatique
  - o Transmission des pressions (Principe de Pascal)
  - o Loi de Boyle-Mariotte

##### *UAA3 « Travail, énergie, puissance »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Chaleur comme forme d'énergie transférée
  - o Température comme mesure de l'agitation thermique
  - o Loi de Charles (variation de la pression en fonction de la température)
- Savoir-faire disciplinaires
  - o Calculer un travail, une énergie et une pression

##### *UAA7 « Oscillations et ondes»*

- Savoirs disciplinaires
  - o Ondes électromagnétiques (spectre électromagnétiques)

##### *UAA8 « Matière et énergie»*

- Savoirs disciplinaires - Thermodynamique
  - o Premier principe de thermodynamique
  - o Machine thermique
  - o Rendement d'une machine
  - o Quantité de chaleur liée à un changement d'état
- Savoir-faire disciplinaires
  - o Calculer le rendement d'une machine

#### Sciences de base:

##### *UAA2 « Flotte, coule, vole »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Notion de fluide
  - o Pression dans un fluide
  - o Pression hydrostatique
  - o Transmission des pressions (PAS d'exercices numériques sur le sujet)

##### *UAA3 « Travail, énergie, puissance »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Chaleur comme forme d'énergie transférée
  - o Température comme mesure de l'agitation thermique

*UAA6 « Oscillations et ondes »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Ondes électromagnétiques (spectre électromagnétique)

*UAA7 « Sources d'énergie – de l'atome à l'éolienne »*

- Savoirs disciplinaires – Gestion de l'énergie
  - o Premier principe de thermodynamique
  - o Machines thermiques
  - o Rendement d'une machine
  - o Energies renouvelables
- Savoir-faire disciplinaires
  - o Calculer le rendement d'une machine

## **Formation scientifique**

*UAA4 « Transformation de la matière »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Phénomènes physiques (uniquement changements d'états)
- Savoir-faire disciplinaires
  - o Schématiser un montage expérimental
  - o Analyser et interpréter les résultats d'une expérience
  - o Suivre un mode opératoire
- Attitudes
  - o Respecter les consignes de sécurité des laboratoires
  - o Utiliser de manière appropriée et en toute sécurité l'équipement mis à disposition

*UAA17 « Les ondes électromagnétiques »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Spectre des ondes électromagnétiques dont infrarouge, spectre visible, ultraviolet
- Savoir-faire disciplinaires
  - o Schématiser un montage expérimental
  - o Analyser et interpréter les résultats d'une expérience
- Attitudes
  - o Respecter les consignes de sécurité des laboratoires
  - o Utiliser de manière appropriée et en toute sécurité l'équipement mis à disposition

*UAA20 « Energies : choix judicieux et utilisation rationnelle »*

- Savoirs disciplinaires
  - o Energies renouvelables et non renouvelables
- Savoir-faire disciplinaires
  - o Calculer un rendement énergétique.
  - o Analyser et interpréter les résultats d'une expérience.
  - o Exprimer les résultats d'une mesure et d'un calcul.
- Attitudes
  - o Adopter une attitude citoyenne face à l'environnement.
  - o Utiliser de manière appropriée et en toute sécurité l'équipement mis à disposition.

## Protocole

### But de l'expérience:

Illustrer les lois de la thermodynamique, en particulier le principe du fonctionnement d'un moteur thermique simple.

### Matériel:

- 1 projecteur halogène 500 W halogène (1)
- 1 bouteille en verre transparent incolore de 75 cL (2)
- 1 bouchon perçable (3) s'adaptant à la bouteille (2)
- 1 tuyau transparent flexible et lisse en plastique de 1 m de long et 6 mm de diamètre extérieur (4)
- 1 bidon de 5 L (5)
- 1 table de +/- 1 m de hauteur (6)
- 1 cylindre gradué de 50 mL
- 2 statifs
- 2 pinces de serrage
- 3 noix de serrage
- 1 feuille cartonnée format A3
- Papier aluminium
- Papier collant
- Sèche-cheveux utilisable en mode froid
- Chronomètre

### Réactifs:

- Eau de distribution
- Colorant pour la visualisation du phénomène [colorant alimentaire (quelques gouttes), fluorescéine (une pointe de spatule)...]

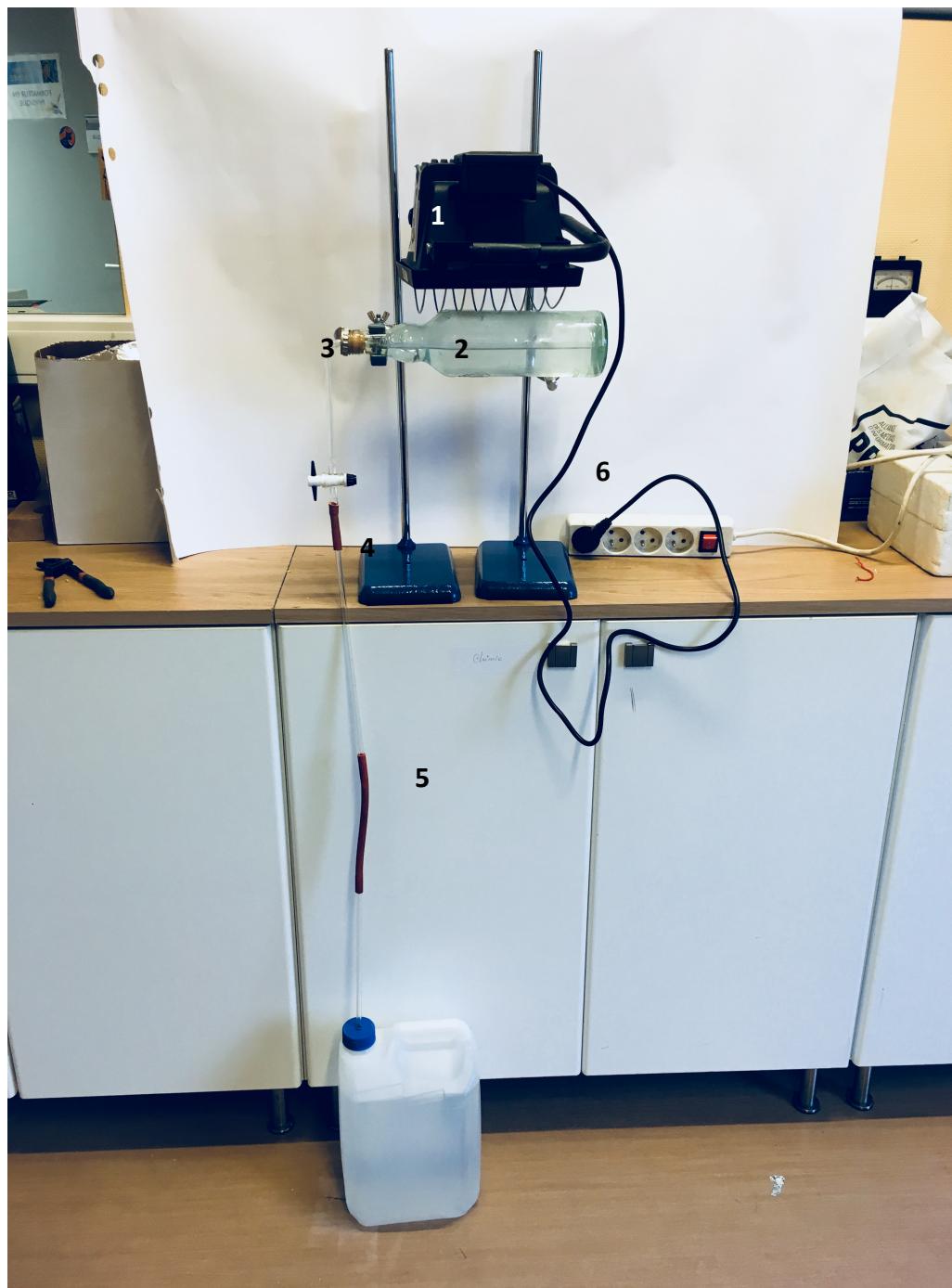
### Outils de travail:

- Perceuse
- Mèche à bois de 5 mm de diamètre

### **Montage:**

- Percer le bouchon (3) de part en part à l'aide de la perceuse et de la mèche de 5 mm de diamètre.
- Introduire le tuyau (4), en forçant de façon étanche, dans l'orifice du bouchon (3).
- Enfoncer le bouchon (3) dans le goulot de la bouteille (2).
- Assurer l'étanchéité du montage en soufflant dans l'autre extrémité du tuyau (4) et en vérifiant que le souffle est bloqué.
- Fixer horizontalement la bouteille de verre (2) à un statif posé sur la table (6).
- Fixer le spot (1) à un autre statif, le plus près possible de la bouteille.

**ATTENTION PHOTO A changer et numéros à replacer**



### **Mode opératoire:**

- Mesurer 50 mL d'eau à l'aide du cylindre gradué.
- Verser ces 50 mL d'eau dans la bouteille en verre (2) et replacer le bouchon dans le goulot de la bouteille (2).
- Remplir d'eau, aux  $\frac{3}{4}$ , le bidon (5) et y ajouter quelques gouttes d'une solution colorée ou de colorant.
- Faire pénétrer l'extrémité libre du tuyau (4) dans l'eau du bidon (5) à une profondeur équivalente aux  $\frac{3}{4}$  de la hauteur, mesurée à partir de la surface de l'eau.
- Recouvrir une face de la feuille cartonnée avec du papier aluminium et le fixer à l'aide de papier collant.
- Courber la feuille en demi-cylindre et la placer à l'arrière de la bouteille, à l'opposé du spot, pour limiter les pertes énergétiques (principe du réflecteur).
- Allumer le spot et laisser chauffer la bouteille en verre pendant 15 minutes (simulation de la phase du jour).
- Observer que des bulles s'échappent par l'extrémité libre du tuyau plongé dans l'eau du bidon.
- Éteindre la lampe (simulation de la phase de nuit) et retirer la feuille cartonnée.
- Observer la remontée de l'eau par le tuyau dans la bouteille en verre.

### **Option**

On peut accélérer le processus de refroidissement en utilisant un sèche-cheveux (en position air froid).



**Photo à changer + photo papier + alu**

**Température à mesurer avec un thermomètre sonde qu'il faut protéger du rayonnement du spot avec un isolant.**

### **Explications:**

L'eau monte lorsque la pression à l'intérieur de la bouteille en verre est inférieure à la pression atmosphérique exercée sur la surface libre de l'eau dans le récipient.

L'opération s'effectue en deux temps:

Dans un premier temps, pendant la période d'échauffement (phase du jour), de l'eau vaporise dans la bouteille (2) et le mélange air-vapeur se dilate, créant une surpression. Une partie de ce mélange s'évacue dans le bidon via le tuyau (4) jusqu'à rétablissement de l'équilibre des pressions.

Dans un deuxième temps, pendant le périodes de refroidissement (phase de nuit), le mélange résiduel air-vapeur, se contracte et surtout la vapeur condense, créant une forte dépression.

Le refroidissement au niveau de la bouteille s'accompagne donc d'une montée de l'eau en provenance du bidon. Le fait que cette eau soit froide renforce la dépression et accélère la remontée de l'eau.

### **Exploitation:**

- Phase de jour:**

Q<sub>1</sub>) Comment s'opère le transfert d'énergie entre le spot et la bouteille? Pensez-vous qu'il s'agisse d'un phénomène de conduction, de convection ou de rayonnement ?

R<sub>1</sub>) Le transfert s'opère essentiellement par rayonnement. Le spot, de puissance P= 500 W, rayonne, par seconde, une quantité d'énergie valant E=500 J. Seule une partie de cette énergie est réellement transférée au contenu de la bouteille. Le verre de la bouteille est également chauffé et il transfère, par conduction, une partie de la chaleur au mélange air-vapeur mais ce mode est accessoire.

Q<sub>2</sub>) Quel type de rayonnement (IR, Visible ou UV) est responsable de l'échauffement du spot ?

R<sub>2</sub>) Essentiellement l'infrarouge (IR).

Q<sub>3</sub>) De quoi se composent les bulles observées?

R<sub>3</sub>) Les bulles sont composées d'un mélange d'air et de vapeur d'eau dont les proportions varient en cours d'expérience :

- Initialement l'air est majoritaire, la pression de vapeur étant limitée à sa valeur saturante à la température ordinaire de 22°C (tables à consulter).

Température (°C)	Pression de vapeur saturante (mbar)	Pression de vapeur saturante (Pascals)
-60	0,001	0,1
-40	0,13	13
-20	1,03	103
-10	2,6	260
0	6,1	610
5	8,72	872
10	12,3	1230
15	17	1700
20	23,4	2340
25	31,7	3170
30	42,4	4240
40	73,8	7380
50	123	12300
60	199	19900
100	1013	101300

Tableau à remplacer + Références sources (Handbook Physics)? Wikipédia

Rmq : Cette table ne vaut qu'au niveau de la mer où la pression atmosphérique est « normale » (101300 Pa). Quand l'eau bout, la pression de vapeur saturante est égale à la pression atmosphérique du lieu.

- Lorsque que l'on chauffe la bouteille, de l'eau vaporise et enrichit le mélange en vapeur.
- A mesure que les bulles air-vapeur quittent la bouteille, la vapeur d'eau devient majoritaire.
- Il arrive un moment où l'atmosphère de la bouteille est quasiment constituée de vapeur à température élevée.

Q<sub>4</sub>) Comment évolue le débit des bulles au cours du temps? Pourquoi?

R<sub>4</sub>) Le débit est fonction de la surpression, par rapport à la pression atmosphérique, qui prend naissance dans la bouteille. Cette surpression est initialement nulle, augmente et finit par s'annuler. En conséquence, le débit des bulles croît, passe par un maximum et retombe progressivement à zéro.

Q<sub>5</sub>) Faut-il attendre ou pas l'arrêt de la production de bulles pour arrêter la phase de jour?

R<sub>5</sub>) Pour un résultat optimal, le mieux est de chasser un maximum d'air de la bouteille et d'attendre le dégagement de toutes les bulles.

Au refroidissement, l'air restant ne fait que se contracter, alors que la vapeur d'eau se contracte et surtout se condense créant une dépression importante.

- **Phase de nuit:**

Q<sub>1</sub>) Comment s'opère le refroidissement au sein de la bouteille?

Pensez-vous qu'il s'agisse de phénomène(s) de conduction, de convexion ou de rayonnement?

R<sub>1</sub>) Il s'agit d'un processus en deux temps:

1. Un transfert d'énergie par conduction/convection vers l'air ambiant (entre la bouteille et le milieu extérieur).
2. Un transfert d'énergie par conduction pure au contact de l'eau froide qui remonte.  
Dès que l'eau remonte, elle entraîne un phénomène de refroidissement par conduction qui l'emporte sur les autres modes.

Q<sub>2</sub>) Quel est le meilleur moment pour retirer le carton recouvert d'aluminium?

R<sub>2</sub>) Le plus vite possible après l'extinction du spot.

Q<sub>3</sub>) Quel est le rôle du sèche-cheveux (en mode air froid)?

R<sub>3</sub>) L'usage du sèche-cheveux accélère le processus de refroidissement en renouvelant l'air chaud extérieur, au contact de la bouteille. Il n'a aucune influence sur la quantité d'eau pompée, il influe seulement sur la vitesse de remontée de l'eau.

## Points de théorie

- Ce dispositif fonctionne comme une machine thermique motrice.

Tout moteur thermique fonctionne en respectant le protocole suivant:

Le corps du moteur (la bouteille (2)) reçoit une quantité d'énergie,  $Q_{ch}$ , d'une source chaude (le spot (1)). C'est la phase de jour!

Ce corps de pompe restitue une partie seulement de cette énergie,  $Q_f$ , à la source froide.

La différence,  $|W| = |Q_{ch}| - |Q_f|$ , représente le travail utile produit par la pompe motrice.

Ce travail utile vaut  $|W| = mgh$  où  $m$  est la masse d'eau pompée à une hauteur  $h$ .

Le rendement d'une telle machine se définit comme le quotient du travail produit par la quantité de chaleur empruntée à la source chaude, soit  $\eta = \frac{|W|}{|Q_{ch}|}$ .

Ce rendement vaut théoriquement  $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_{ch}}$ , où  $T_f$  et  $T_{ch}$  sont les températures de la source froide et de la source chaude. En pratique, le rendement observé est très inférieur au rendement théorique qui ne vaut que pour une machine fonctionnant sans perte ni frottement parasites.

On contrôlerait expérimentalement le calcul de ce rendement si on plongeait successivement la bouteille:

- a) dans un bain-marie à 100°C (= source chaude),
- b) puis dans un mélange eau-glace (=source froide).

Ceci pourrait faire l'objet d'une variante de l'expérience initiale.

Dans ce cas, les températures intervenants dans le calcul seraient parfaitement connues soit 373 K pour la température de la source chaude et 273 K pour la température de la source froide. Le rendement théorique vaudrait alors  $\eta = 1 - \frac{273}{373} \cong 0,27$  soit 27 %. Le rendement réel serait inférieur

- Indépendamment de la limitation liée au rendement théorique maximum, il existe une autre limite théorique relative à la hauteur maximale que l'eau peut remonter durant la phase de nuit. Cette limite est dictée par la valeur de la pression atmosphérique qui est de l'ordre de  $10^5$  Pa. Elle vaut 10,41 m (Tant que  $P_{air} + Vapeur\ eau + pgh < P_{atm}$ , l'eau peut monter). Dans la réalité, il ne faut espérer atteindre cette limite à cause des frottements inévitables de l'eau au contact des parois du tuyau!

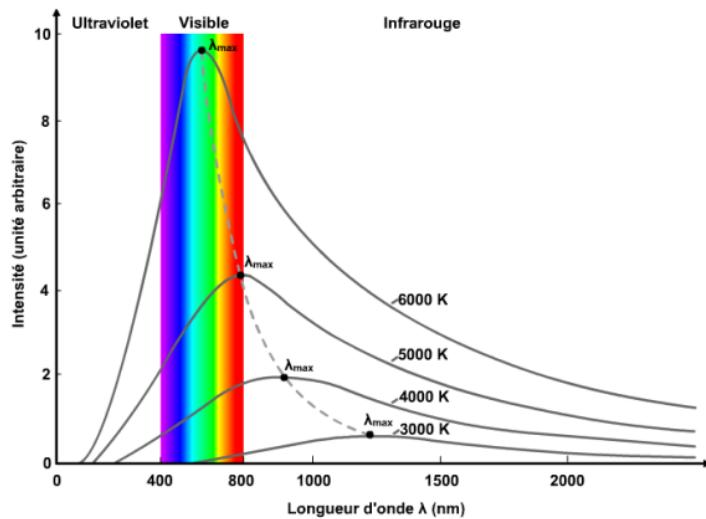
## Pour aller plus loin dans la théorie

- Loi de Wien et de Stefan

**Spectre du soleil + références**

**Rechercher une lampe IR et vérifier la puissance (CTPE ou Zénobe Gramme)**

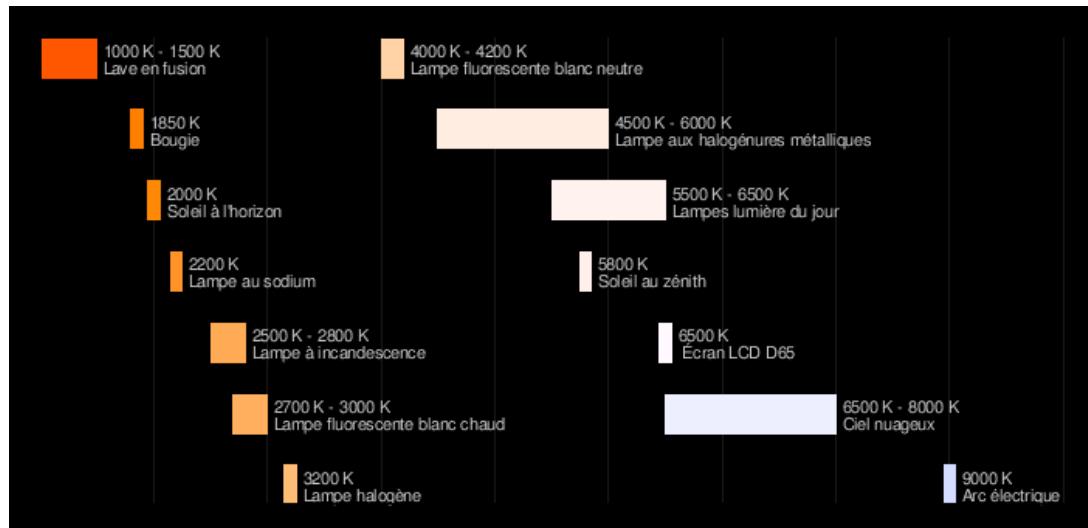
**Rechercher le spectre pour la lampe halogène 500W?**



$$\text{Loi de Wien : } \lambda_{\max} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$

Cette figure illustre la loi de Wien dans quelques exemples caractéristiques :

- La température de surface du Soleil qui est de l'ordre de 6000 K,
- La température d'une lave en fusion qui est de l'ordre de 1300 K,
- La température du spot qui est de l'ordre de 3000 K (**A confirmer différentes sources**)



Ref : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Temp%C3%A9rature\\_de\\_couleur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Temp%C3%A9rature_de_couleur)

Dans chaque cas de figure, la loi de Stefan ( $P = \sigma S T^4$  où  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$ ) renseigne sur la puissance maximale rayonnée par une surface S à la température absolue T.

## Pour aller plus loin dans l'expérience

- Réaliser l'expérience sans eau dans la bouteille en verre et comparer le rendement avec et sans eau.
- Réaliser l'expérience avec ou sans feuille recouverte d'aluminium et comparer le rendement avec ou sans.
- Réaliser l'expérience en modifiant la couleur de la bouteille en verre.
- Mesurer la température en réalisant une expérience initiale où une sonde de température est placée dans le bouchon et sans tube à dégagement.
- Augmenter la distance bouteille/bidon.
  - Observer que dans un premier temps l'eau monte mais en quantité moindre. La quantité maximale susceptible de monter vaut  $m < \frac{\rho |Q_{ch}|}{gh} < \frac{|Q_{ch}|}{gh}$ .
  - Observer que plus  $h$  est élevée, plus  $m$  est petite à  $Q_{ch}$  égale.
  - Il arrivera même un moment où à cause des frottements, l'eau ne dépassera pas quelques centimètres.

**Question Gaz parfait – Loi des gaz Isabelle cherche constantes Physique/chimie – Unités Physique Chimie Dépassemement**

## Notes méthodologiques (pour une exploitation en 1 période)

- Faire le montage à l'avance (compter 20 minutes).
- Préparer à l'avance les expériences complémentaires éventuelles – non visibles par les élèves.
- Distribuer la fiche expérimentale à l'avance aux élèves et la leur faire lire. (Vérification de la lecture par un questionnement rapide).
- Utiliser les 15 minutes d'attente pour réaliser un questionnement et faciliter les réponses par la réalisation d'une ou plusieurs expériences complémentaires-rappels.
- A quoi faut-il faire attention ?
  - L'étanchéité parfaite du bouchon.
  - La température de la source chaude.

## **Sources bibliographiques**

## **Sources sitographiques**

## Expériences complémentaires - Rappels

Le déroulement de l'expérience complète met en jeu un certain nombre de concepts que l'on peut mettre en évidence dans une série d'expériences complémentaires.

### 1. Dilatation des gaz (Température/Pression/Volume)

#### But de la manipulation:

Répondre à la question : « Pourquoi des bulles se forment-elles au moment du réchauffement ? »

#### Matériel:

- 1 ballon de baudruche
- 1 bouteille en plastique PET de 50 cL
- 1 sèche-cheveux

#### Mode opératoire:

- Enfiler un ballon sur le goulot ouvert d'une bouteille en plastique.
- Chauffer la bouteille à l'aide d'un sèche-cheveux.
- Observer.

#### Seringue à tester?

#### Montage expérimental:



#### Faire la photo + photo avec seringue

#### Observation:

Le ballon gonfle.

#### Conclusion:

En augmentant la température, l'agitation thermique augmente, de même que la pression à l'intérieur du ballon qui, dès lors, gonfle.

## 2. Simulation du rayonnement solaire

### a) *Absorption de la chaleur*

#### **But de la manipulation:**

- Montrer que l'absorption de la chaleur par le système se fait essentiellement par rayonnement.

#### **Matériel:**

- 3 erlenmeyers de 250 mL
- 1 éprouvette graduée de 100 mL
- 3 thermomètre digitaux ou sondes de température
- 1 spot de 100 W halogène
- 1 statif avec pince et noix de serrage
- 1 pompe à vide + cloche à vide
- 1 vitre transparente + support
- 1 chronomètre

#### **Produit:**

- Eau de distribution

#### **Mode opératoire:**

- Accrocher le spot au statif à l'aide de la pince et de la noix de serrage.
- Mesurer 100 mL d'eau dans l'éprouvette graduée et les verser dans trois erlenmeyers.
- Relever la température initiale de l'eau dans les trois récipients (en principe la même).
- L'un des erlenmeyers servira de témoin et restera à l'abri de la lumière du spot.
- Le deuxième erlenmeyer est posé sur le bureau du professeur devant le spot éteint.
- Le spot est allumé pendant un temps défini **10** minutes.
- Relever la température finale dans les deux récipients.
- Répéter l'opération en interposant une vitre transparente entre le spot et le troisième erlenmeyer.
- Comparer la température finale des trois erlenmeyers.

**Tester : exp. mettre à même distance l'erlenmeyer et éclairer au travers d'une cloque où l'on a fait le vide. Ampoule ???**

#### **Observations:**

- Il y a une augmentation de la température qu'au niveau du récipient exposé à la lumière.
- L'élévation de température est moindre dans le récipient derrière la vitre.

#### **Conclusion:**

Le transfert d'énergie s'effectue par rayonnement solaire.

**Exploitations:**

- Calculer la quantité d'énergie ( $|Q|=c^1 m \Delta T$ ) absorbée par l'eau et la comparer à celle émise par la lampe pendant le temps de chauffe ( $|Q|=P \Delta t$ ).
- Déduire le rendement de cette étape d'absorption d'énergie.

---

<sup>1</sup> c : chaleur massique de l'eau = 4186 J/kg/K

b) ***Variation de l'absorption d'énergie en fonction de la matière/de la couleur***

La même expérience est réalisée en utilisant le même volume d'eau mais en faisant varier: la couleur du récipient (blanc, brun...), la matière du récipient (verre, feuille aluminium, polystyrène expansé...) ...

**But de la manipulation:**

- Déterminer si l'absorption d'énergie dépend de la matière/ de la couleur

**Matériel:**

- Gobelets de matières et de couleurs différentes
- 1 cylindre gradué de 100 mL
- Thermomètres numériques
- 1 spot de 100 W halogène
- 1 statif avec pince et noix de serrage

**Produit:**

- Eau de distribution
- Papier aluminium

**Mode opératoire:**

- Accrocher le spot au statif à l'aide de la pince et de la noix de serrage.
- Emballer un des gobelets dans le papier aluminium.
- Mesurer 100 mL d'eau dans le cylindre gradué et les verser dans un gobelet.
- Répéter l'opération pour les autres gobelets.
- Relever la température initiale de l'eau dans les différents gobelets (en principe la même).
- Les gobelets sont posés sur le bureau professeur devant le spot éteint.
- Le spot est allumé pendant un temps défini **10 minutes ???**
- Relever la température finale dans les différents gobelets.

**Observation:**

La température s'élève plus rapidement dans le récipient foncé et ....

**Conclusion:**

L'élévation de température dépend du pouvoir isolant de la matière qui constitue le récipient ainsi que du pouvoir d'absorption des radiations lumineuses lié à sa couleur.

### **3. Vérification convection**

**Expérience papier à cigarettes pour montrer le refroidissement par convection**

#### **4. Simulation du refroidissement nocturne**

L'expérience inverse est réalisée en utilisant le même volume d'eau mais en faisant varier: la couleur du récipient (blanc, brun...), la matière du récipient (verre, feuille aluminium, polystyrène expansé...)...

**But de la manipulation:**

- Déterminer si l'émission de chaleur ... **A compléter**

**Matériel:**

- Gobelets de matières et couleurs différentes
- 1 éprouvette graduée de 100 mL
- Thermomètres numériques
- 1 bouilloire électrique

**Produit:**

- Eau de distribution
- Papier aluminium

**Mode opératoire:**

- Mettre de l'eau à chauffer dans la bouilloire électrique. Température **????70°C**
- Emballer un des gobelets à l'aide d'une couche simple de papier aluminium.
- Emballer un des gobelets à l'aide d'une couche double de papier aluminium.
- Tous les gobelets sont posés sur le bureau professeur.
- Mesurer 100 mL d'eau dans l'éprouvette graduée et les verser dans un gobelet.
- Répéter rapidement l'opération pour les autres gobelets.
- Relever la température initiale de l'eau dans les différents gobelets (en principe la même).
- Attendre **3 minutes**.
- Relever la température finale dans les différents gobelets.

**Observation:**

La température s'abaisse plus rapidement dans le récipient foncé et ...**(papier alu) ???**

**Conclusion:**

...

## 5. « Crash Can »

### Buts de la manipulation:

- Expliquer l'origine des bulles qui se dégagent au niveau du point 5 du montage.
- Déterminer la nature de ces bulles (air, vapeur d'eau ou les deux).

### Matériel:

- 1 cristallisoir de grand diamètre (+/- 20 cm)
- 1 cylindre gradué de 10 mL
- 1 pince métallique
- 1 canette en aluminium (33 cL) vide et sans opercule
- 1 source de chaleur

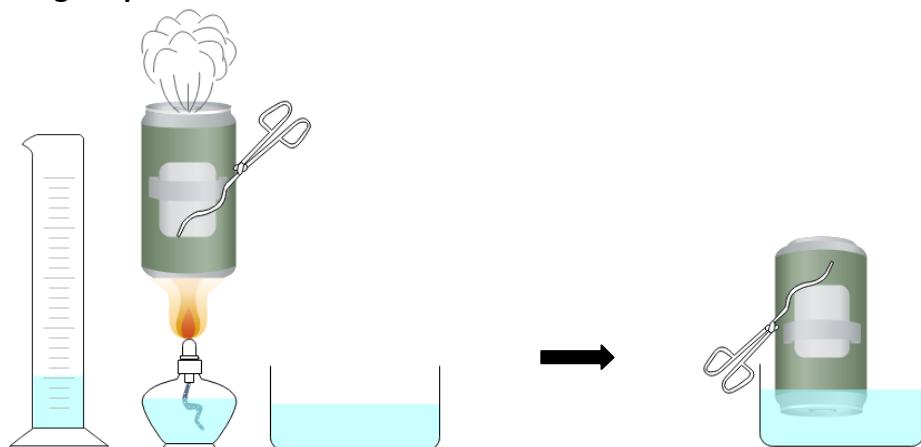
### Produit:

- Eau de distribution

### Mode opératoire:

- Remplir aux 2/3 le cristallisoir d'eau froide.
- Mesurer 5 mL d'eau dans le cylindre gradué et les verser dans la canette.
- A l'aide d'une pince, maintenir la canette et son contenu au-dessus d'une source de chaleur.
- Lorsque de la vapeur d'eau est observée sortant de la canette, retourner celle-ci et la plonger rapidement dans l'eau. Observer (1).
- Répéter la même expérience sans eau dans la canette. Observer (2).

### Montage expérimental:



### Observations:

- (1) La canette est écrasée.
- (2) La canette reste quasiment intacte.

### Conclusion:

Les bulles ne peuvent être constituées que d'air et de vapeur d'eau.

En ce qui concerne la dépression créée dans la canette, l'effet de la vapeur d'eau l'emporte largement sur celui de l'air présent.

## 6. Différence entre gaz, vapeur sèche et vapeur saturante

### Buts de la manipulation:

- Justifier la nécessité de la présence d'eau initialement dans la bouteille.
- Déterminer si l'air pourrait suffire.

### Matériel:

- 1 pompe à vide
- 1 cloche en verre ou en plastique et son bouchon en plastique
- 1 seringue de 2,5 mL et son aiguille
- 1 thermomètre
- 1 coupelle
- Spot sur statif

### Réactif:

- Eau distillée

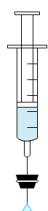
### Mode opératoire:

- Une pompe à vide est surmontée d'une cloche remplie d'air dont le sommet comporte un bouchon.
- Un thermomètre et une coupelle contenant 1 mm d'eau environ sont disposés sous la cloche.
- Piquer l'aiguille de la seringue au travers du bouchon.
- Remplir la seringue d'eau et la placer sur l'aiguille.
- Faire le vide progressivement dans la cloche.
- Observer ce que devient l'eau dans la coupelle (1).
- Injecter dans la cloche une goutte d'eau. Observer ce qu'elle devient (2).
- Poursuivre l'expérience, goutte à goutte, jusqu'à observer un dépôt de liquide dans le fond de la cloche.
- Relever la température ambiante sous la cloche.

Ce niveau, mesuré une fois pour toutes en fonction de la température ambiante, figure dans des tables que l'élève peut consulter (**Chercher des illustrations dans la vie courante : condensation, rosée matinale... tables ???**). ?

- Poursuivre l'expérience en chauffant la cloche à l'aide du spot.
- Observer ce que devient l'eau résiduelle au fond de la cloche (3).

### Montage expérimental:



A schématiser, photographier ...

**Observations:**

- (1) L'eau disparaît.
- (2) La première goutte d'eau se vaporise instantanément. Il en va de même des gouttes suivantes jusqu'à l'apparition d'une « flaque » qui ne vaporise plus.
- (3) Lorsque l'on chauffe, l'eau de la « flaque » vaporise à nouveau.

**Conclusions:**

Au démarrage de l'expérience, l'eau dans la coupelle est au contact de sa vapeur et de l'air ambiant. La vapeur est dite « saturant » car elle est au contact de son liquide et la pression de vapeur vaut la valeur saturante à la température initiale.

Lorsque l'on fait le vide et que l'eau vaporise entièrement, la vapeur devient sèche car elle n'est plus au contact de son liquide. Sa pression est inférieure à la pression de vapeur saturante à la température considérée.

Lorsque l'on injecte de l'eau avec la seringue, elle vaporise instantanément. La vapeur demeure sèche mais sa pression augmente jusqu'à rejoindre progressivement sa valeur saturante à la température considérée. A ce moment on atteint la pression de **rosée (point de rosée)** et la vapeur redevient saturante. Toute injection ultérieure n'aura aucun effet sur la vapeur et l'eau se répandra dans la cloche.

Si on élève la température, la pression saturante grimpe et donc l'eau répandue aura tendance à vaporiser pour se maintenir à la valeur saturante.

## 7. Relation Pression/Température

### But de la manipulation:

- Déterminer le rôle de la dilatation du mélange gaz-vapeur

### Matériel:

- 1 ballon à fond plat en pyrex
- 1 bouchon percé de 2 trous
- 1 tube à dégagement
- 1 manomètre
- 1 thermomètre digital – sonde de température
- 2 bêchers en pyrex de 500 mL
- 1 bouilloire électrique ou plaque chauffante
- 

### Réactifs:

- Eau de distribution
- Glaçons

### Mode opératoire:

- Remplir d'air un ballon en verre (pyrex) et l'obturer avec le bouchon percé.
- Positionner dans la première ouverture du bouchon un tube à dégagement relié à un manomètre.
- Positionner dans la seconde ouverture le thermomètre digital.
- Relever la température initiale ainsi que la pression correspondante.
- Faire chauffer de l'eau. Une fois bouillante, la verser dans l'un des bêchers.
- Placer le ballon dans l'eau bouillante.
- Relever la pression et la température une fois stabilisées.
- Placer des glaçons et un peu d'eau dans le second bêcher.
- Placer le ballon dans de la glace fondante.
- Relever la pression et la température une fois stabilisées.
- Vérifier que le quotient  $P/T$  est constant dans les deux cas et faire le lien avec la loi des gaz parfaits.
- Recommencer l'expérience en remplaçant un maximum d'air par de la vapeur d'eau saturante et observer la différence.

### Observation:

### Conclusion :

$p$  demeure égale à  $p_{\text{sat}}(T)$ .

Pressure P or p ????

## 8. Pression hydrostatique

### But de la manipulation:

Vérifier si le niveau d'immersion du tuyau de sortie (au niveau **5** du montage) a de l'importance

### Matériel:

- 3 pailles de même longueur
- 1 paille coupée en deux
- 4 bêchers

### Réactifs:

- Eau distillée
- Ethanol

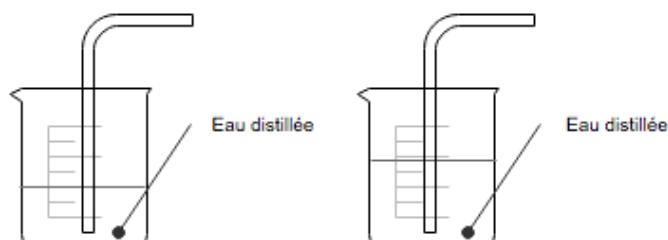


### Mode opératoire:

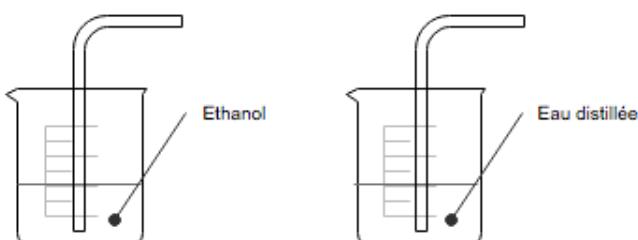
- Remplir un verre d'eau aux 2/3. **Dessin à modifier en fonction choix de l'expérience.**
- Plonger dans l'eau une paille normale et la demi-paille.
- Souffler dans les deux pailles simultanément.
- Observer la sortie de bulles (1).
- Remplir le second verre d'éthanol au même niveau que le verre d'eau.
- Placer les deux pailles, chacune dans un verre, à la même hauteur.
- Souffler dans les deux pailles simultanément.
- Observer la sortie de bulles (2)

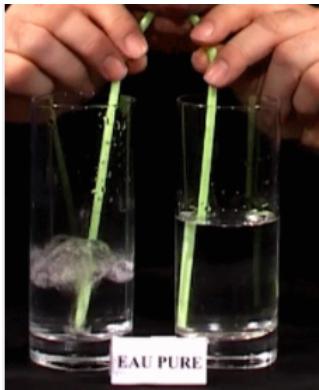
### Montages expérimentaux:

(1)

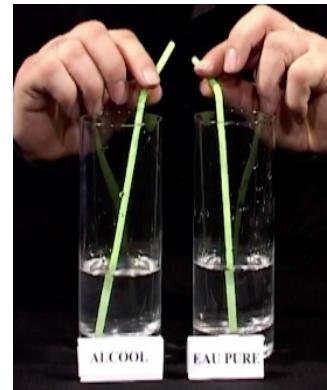


(2)





Avec 1 verre et demi-paille



Idem

**Observations:**

- (1) ...
- (2) ....

**Conclusion:**

...

## 9. La fontaine jaillissante

Un bilan des forces s'impose, exercées sur la tranche d'eau, de section S, située à l'orifice du tuyau de descente : Force résultante dirigée vers le haut et valant  $(p_{atm} - p_{sat})S$ .

### But de la manipulation:

Répondre à la question : « Pourquoi l'eau remonte-t-elle dans la bouteille ? »

### Matériel:

- 1 bec bunsen
- 1 ballon à fond rond en pyrex
- 1 bouchon percé
- 1 tube en verre
- 1 cristallisoir
- 1 pince métallique

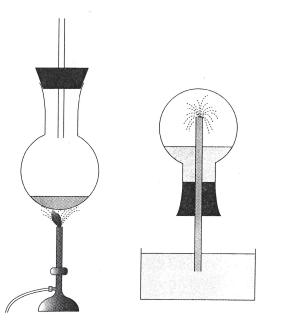
### Réactifs:

- Eau de distribution
- Colorant

### Mode opératoire:

- Insérer le tube dans le bouchon percé.
- Verser une petite quantité d'eau dans le ballon.
- Ajouter une goutte de colorant.
- Boucher hermétiquement le ballon.
- Maintenir le ballon dans la flamme du bec bunsen.
- Retourner le ballon en plaçant le tube percé dans le cristallisoir.
- Observer.

### Montage expérimental:



### Observation:

...

### Conclusion:

...

## 10. Rendement

- Identifier dans le montage la source chaude (lampe) et la source froide (eau dans le bidon). Vérifier que plus l'écart de température est grand entre la source chaude et la source froide, plus le rendement est élevé.
  - Une variante de l'expérience (en phase de nuit) consisterait à plonger la bouteille dans l'eau glacée après l'achèvement de la phase de jour.  
Que pensez-vous du rendement dans ce cas ?

Rmq :

Pour éviter un « choc thermique sur la bouteille en verre », attendre le début de la montée d'eau.

- Une variante de l'expérience (en phase de jour) consisterait à remplacer le spot par un bain-marie à 100 °C dans lequel baignerait la bouteille.  
Que pensez-vous du rendement dans ce cas ?
- Une troisième variante combinerait les deux précédentes, permettant le contrôle des températures des deux sources (source chaude à 370 K et source froide à 300 K).  
Que pensez-vous du rendement dans ce cas ?

Le rendement théorique =  $1 - \frac{300}{370} = 0,19$  soit 19 % et de toute façon supérieur au rendement observé.

**L'idéal serait avec un bain-marie à 100°C et un autre à eau+glace.**

Attention bouteille en verre épais car différence thermique importante

Est-ce à remettre ????

Variante de l'expérience initiale ou exp. complémentaires?

Si exp compl alors idem bouteilles différentes couleurs,....

Expérience : modifier les températures des sources chaude et froide et observer les modifications de rendement.

**But de la manipulation**

**Matériel**

**Réactifs**

**Mode opératoire**

**Conclusion**

### ***Questionnement et calculs pour l'évaluation***

- Quels facteurs sont à modifier afin d'augmenter le rendement de l'expérience (Plus grande différence de température, couleur de la bouteille, limiter les pertes, ...)
- Peut-on puiser l'eau à n'importe quelle profondeur ? Justifier.
- Travailler sur plusieurs cycles par jour.
- Comparer la puissance du spot et du Soleil.
- Calculer les rendements idéal et réel.
- ...