



MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE

EBE PHC 2

SESSION 2019

---

**CAPES  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

**SECTION PHYSIQUE-CHIMIE**

**EXPLOITATION D'UN DOSSIER DOCUMENTAIRE**

Durée : 5 heures

---

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.**

Tournez la page S.V.P.

A

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPES de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B E	1 5 0 0 F	1 0 2	7 4 2 1

► **Concours externe du CAFEP/CAPES de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B F	1 5 0 0 F	1 0 2	7 4 2 1

Les questions proposées dans le sujet sont de natures variées : restitution de connaissances, question ouverte, résolution de problème, analyse de documents... Il incombe au candidat de passer le temps nécessaire à chaque question en fonction de sa nature. Le candidat est invité à prendre des initiatives, commenter spontanément les résultats obtenus et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. Cette dernière est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Le sujet comporte trois parties indépendantes. À la fin de chaque partie se trouvent les « annexes » nécessaires à la résolution. Les « documents réponses à rendre avec la copie » sont regroupés à la fin de l'énoncé.

## La physique dans la cuisine

Ce problème propose d'aborder quelques-unes des nombreuses notions de physique sur lesquelles on peut s'interroger en cuisinant.

### Partie 1 – De l'huile dans l'eau

Dans cette partie, on s'intéresse à quelques effets de l'huile versée sur de l'eau. On analysera un sujet de baccalauréat blanc donné dans l'annexe 1.

#### Analyse du sujet de baccalauréat blanc

Le sujet est posé au cours d'un baccalauréat blanc proposé à 4 classes de terminale scientifique ; 148 élèves ont composé.

**Q1.** Répondre au QCM proposé aux élèves, en complétant le tableau du **document réponse 1** à rendre avec la copie.

Le tableau ci-dessous regroupe le nombre de cases cochées par les élèves sur le QCM.

	a	b	c	d
1.1	109	30	56	89
1.2	143	4	69	2
1.3	2	16	134	2
1.4	0	124	22	1
1.5	61	15	72	2

Quelle ambiguïté, qui pourrait être à l'origine des erreurs observées, présente la question 1.1.? Proposer une reformulation.

Quelles confusions les questions 1.2. et 1.5. permettent de mettre en évidence chez les élèves ? Proposer dans chaque cas, une courte activité de remédiation (éventuellement à caractère expérimental) en 5 lignes maximum permettant de limiter ces confusions.

**Q2.** Rédiger une correction des parties 2 (chute dans l'air) et 3 (des ondes à la surface de l'eau) du sujet fourni dans l'annexe 1.

**Q3.** Directement sur la copie de l'élève donnée dans le **document réponse 2** à rendre avec la copie, corriger et annoter les parties 2 et 3, en identifiant les erreurs commises. Rédiger ensuite un commentaire général sur votre copie.

# ANNEXES DE LA PARTIE 1

## Annexe 1 - sujet de baccalauréat blanc

### L'huile dans l'eau, ça fait des vagues

Calculatrice autorisée

Un enfant tient dans sa main une bouteille d'huile et observe les gouttes d'huile tomber dans une casserole d'eau destinée à la cuisson des pâtes.

L'huile et l'eau sont deux liquides non miscibles. Lorsqu'on les verse l'un sur l'autre, et de n'importe quelle manière, on constate inexorablement que l'huile surnage sur l'eau.

Données :

- Masse volumique de l'huile :  $\rho_H = 800 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_E = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- Intensité de pesanteur :  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  ;
- Masse volumique de l'air :  $\rho = 1,30 \text{ kg.m}^{-3}$ .

Lorsque la goutte est dans l'air, on suppose que les frottements sont négligeables.

#### 1. QCM :

Vous répondrez directement sur le tableau **du document réponse 1** à rendre avec la copie (plusieurs réponses possibles), sans justifier.



Figure 1

1.1. Avant que la goutte d'huile ne se détache, elle est soumise à l'action mécanique :

- a) de la Terre
- b) de l'enfant
- c) de l'huile
- d) de la bouteille

1.2. La goutte d'huile qui s'est détachée est soumise à l'action mécanique :

- a) de la Terre
- b) de l'enfant
- c) liée à la vitesse initiale
- d) de la bouteille

L'enfant, amusé, remplit une baignoire d'eau et projette une goutte d'huile, avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0$ , verticale descendante, pour reproduire ce phénomène.

1.3. Quelle est la nature du mouvement de la goutte ?

- a) Parabolique
- b) Rectiligne uniforme
- c) Rectiligne uniformément accéléré
- d) Rectiligne uniformément ralenti

L'enfant reproduit le phénomène avec une goutte d'eau et une goutte d'huile qu'il laisse à présent se détacher seules (sans vitesse initiale).

1.4. Une goutte d'eau de même volume que la goutte d'huile possède :

- a) la même masse
- b) une masse plus grande
- c) une masse plus petite
- d) on ne peut pas savoir

1.5. La goutte d'eau de même volume chutera :

- a) plus vite que la goutte d'huile
- b) moins vite que la goutte d'huile
- c) à la même vitesse que la goutte d'huile
- d) on ne peut pas savoir

## 2. Chute dans l'air.

À la date  $t = 0$  s, l'enfant lâche une goutte d'huile de volume  $V = 0,050$  mL, d'une hauteur  $H = 1,0$  m au-dessus d'une bassine contenant de l'eau.

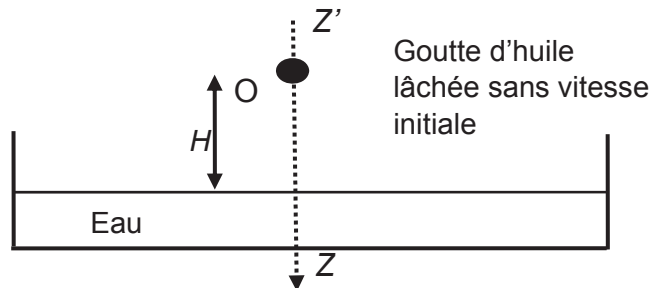


Figure 2 – configuration expérimentale

2.1. Sur l'axe  $Z'Z$ , on fait coïncider l'origine  $O$  avec la position de la goutte juste au moment du lâcher. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer la valeur de l'accélération de la goutte et établir l'équation horaire de son mouvement.

2.2. Avec quelle vitesse la goutte d'huile frappe-t-elle la surface de l'eau ?

## 3. Des ondes à la surface de l'eau.

Lorsque la goutte d'huile arrive dans l'eau, elle crée une déformation de la surface avant de s'étaler. Avec une caméra, l'enfant filme les ondes à la surface de l'eau. La caméra a enregistré le film à 10 images par seconde. On reproduit ci-dessous l'image n°1 réalisée à l'instant  $t_0 = 0$  s correspondant au contact de la goutte d'huile avec l'eau.

Les troisième et cinquième images du film (image n°3 et image n°5) sont également, représentées ci-dessous.

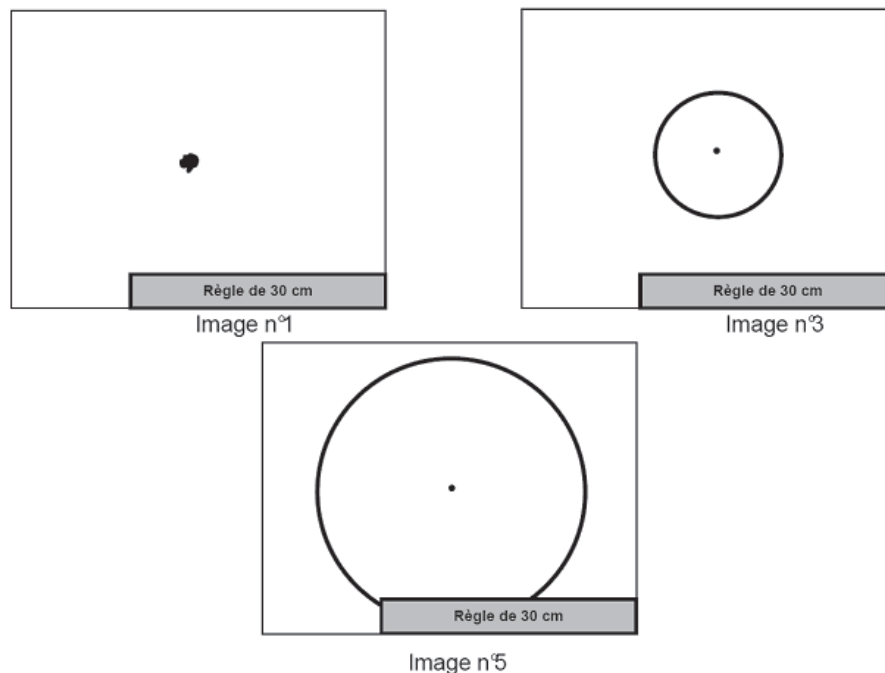


Figure 3 - document en vue de dessus ; le cercle noir représente le front d'onde.

3.1. Qu'appelle-t-on « onde » ?

3.2. Les ondes qui apparaissent sur la surface de l'eau sont-elles transversales ou longitudinales ? Justifier.

3.3. À l'aide des données expérimentales, calculer la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau.

## Partie 2 – La cuisson des pâtes

A priori, c'est simple, il n'y a qu'à suivre la recette (Figure 4) ! Des consommateurs se posent quand même certaines questions :

Lu sur un forum :

« Peut-on faire cuire des pâtes à la cocotte-minute ? »

Réponse 1 :

« Il ne faut surtout pas mettre des pâtes à la cocotte (essayez de couvrir une casserole contenant des pâtes, ça déborde). Dans la cocotte, c'est pareil. »

Réponse 2 :

« Non, tout simplement non ! Ça n'est tout de même pas compliqué, ni long, de faire cuire des pâtes ! »

Réponse 3 :

« Bien sûr que si, mais pas pour qu'elles soient tendres.

En altitude (chez moi), l'eau bout à 91°, ce qui fait des pâtes pâteuses et collantes, et ce n'est pas bon. La solution est de les cuire à la cocotte en faisant tourner la soupape au minimum, ça doit faire dans les 102°. »

À l'aide des questions numérotées de Q4 à Q9 ci-dessous et des annexes de la partie 2, on cherche à résoudre le problème suivant :

« À quelle altitude réside cet internaute et quelle est la valeur de la température d'ébullition de l'eau dans son autocuiseur (cocotte-minute) ? »

**Données :**

- Constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ SI}$  ;
- Masse volumique du mercure :  $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Élément chimique	H	C	N	O
Masse molaire atomique ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	1,0	12,0	14,0	16,0

### Diagramme ( $P, T$ ) de l'eau

**Q4.** On donne l'allure du diagramme ( $P, T$ ) de l'eau figure 5. Après l'avoir reproduite sur votre copie, nommer les points A et B, placer les états de la matière dans les différentes zones du diagramme ( $P, T$ ) de l'eau et nommer les changements d'états correspondants aux différentes branches du diagramme.

Représenter l'isobare  $P = 1 \text{ bar}$  et indiquer la valeur des températures caractéristiques sur cette courbe.

Conseil de préparation :

Verser les pâtes dans l'eau bouillante salée (1 L d'eau pour 100 g de pâtes). Remuer et laisser cuire à découvert 7 à 8 minutes. Egoutter sans rincer. Servir rapidement.

Ingrédients :

Semoule de blé dur de qualité supérieure, œufs frais 30% (soit 320 g par kilo de semoule).

*Figure 4 – recette de cuisson des pâtes sur l'étiquette d'un paquet*

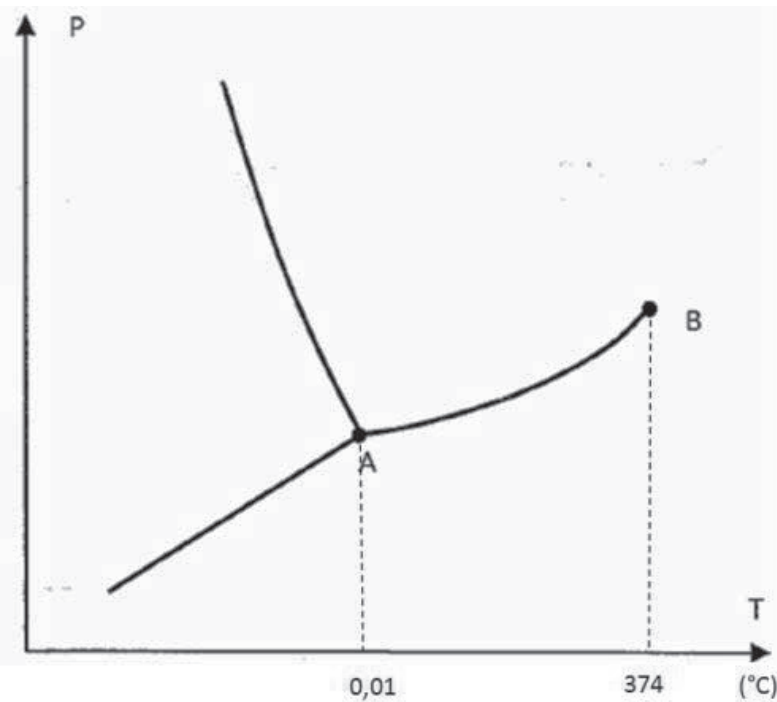


Figure 5 - Diagramme (P, T) de l'eau

### Tracé expérimental de la courbe de pression de vapeur saturante de l'eau

**Q5.** À partir des informations fournies dans l'annexe 2, expliquer successivement l'intérêt d'avoir deux ballons, puis celui de les relier par un tube calorifugé et pour finir, l'intérêt de purger le montage de l'air qu'il contient.

**Q6.** Expliquer brièvement, les principes physiques mis en œuvre dans le montage de l'annexe 2 pour mesurer la température et la pression.

À quelle différence de hauteur de mercure la mesure de pression 0,40 bar correspond-elle ? Représenter le manomètre C de l'annexe 2 lors de cette mesure.

Pour quelle(s) raison(s) n'utilise-t-on plus ce dispositif de nos jours ?

**Q7.** L'annexe 3 présente une réalisation plus récente de l'expérience présentée annexe 2. On souhaite interfacer et automatiser les mesures de température et de pression à l'aide du système d'acquisition décrit dans l'annexe 4. Choisir, en justifiant, les capteurs à utiliser, puis décrire le protocole d'acquisition adapté aux mesures. Préciser son paramétrage.

Donner les résultats de mesure de température et de pression correspondant à 0,40 bar en se référant au **document réponse 3** à rendre avec la copie ; les écrire correctement, avec leur incertitude, en s'aidant de l'annexe 4.

### Détermination de l'altitude à laquelle réside l'internaute

**Q8.** À partir de la courbe du **document réponse 3** à rendre avec la copie, déterminer la valeur de la pression pour que la température d'ébullition de l'eau soit de 91°C, valeur donnée par l'internaute.

Démontrer que si on suppose que l'atmosphère, assimilée à un gaz parfait, est en équilibre isotherme à la température  $T$ , alors la pression  $P(z)$  à l'altitude  $z$  est donnée par :

$$P(z) = P_0 \exp\left(-\frac{Mgz}{RT}\right)$$

Identifier les paramètres  $P_0$  et  $M$  introduits dans cette expression, préciser leurs valeurs et leurs unités. Préciser les unités de  $R$  et  $T$ .

En déduire l'altitude à laquelle réside l'astronaute.

### **Détermination de la température d'ébullition de l'eau à l'intérieur de l'autocuiseur de l'astronaute**

**Q9. Résolution de problème :** quelles sont les valeurs de la pression et de la température à l'intérieur de l'autocuiseur à l'altitude à laquelle réside l'astronaute ?

Pour résoudre ce problème, on exploitera l'annexe 5 et le **document réponse 3** (à rendre avec la copie) que l'on complètera.



## ANNEXES DE LA PARTIE 2

### Annexe 2 - protocole opératoire paru en 1961 dans le Bulletin de l'Union des Physiciens

#### 1. - Description du montage expérimental (figure 6)

Deux ballons A et B (1 L environ) sont reliés par un tube D, calorifugé.

- Ballon A : de l'eau et un manomètre C à mercure et air libre dont les branches ont environ 80 cm de hauteur.

- Ballon B : un robinet R et un thermomètre T à petit réservoir placé au centre du ballon.

E est un récipient d'eau froide monté sur support à crémaillère

- Veiller à l'étanchéité des joints.

#### 2.- Manipulation.

- Porter A à ébullition jusqu'à ce que T indique la température d'ébullition de l'eau et que l'appareil soit purgé d'air (R ouvert).

- Puis fermer R, arrêter le chauffage et laisser l'ensemble refroidir.

- On note *simultanément* la température lue sur T et la pression de la vapeur d'eau déduite de l'observation de C.

- On pourra activer le refroidissement de B avec le récipient E (en fin d'expérience vers 40°C et avec précaution).

#### 3. - Résultats.

En 20 minutes on relève la courbe de pression de vapeur saturante entre 100°C et 40°C avec des écarts extrêmement faibles par rapport aux données des formulaires, écarts toujours compatibles avec les incertitudes de mesure.

Cette expérience est facile à reprendre à tout moment - si un point semble s'écarter anormalement de la valeur théorique : on chauffe à nouveau.

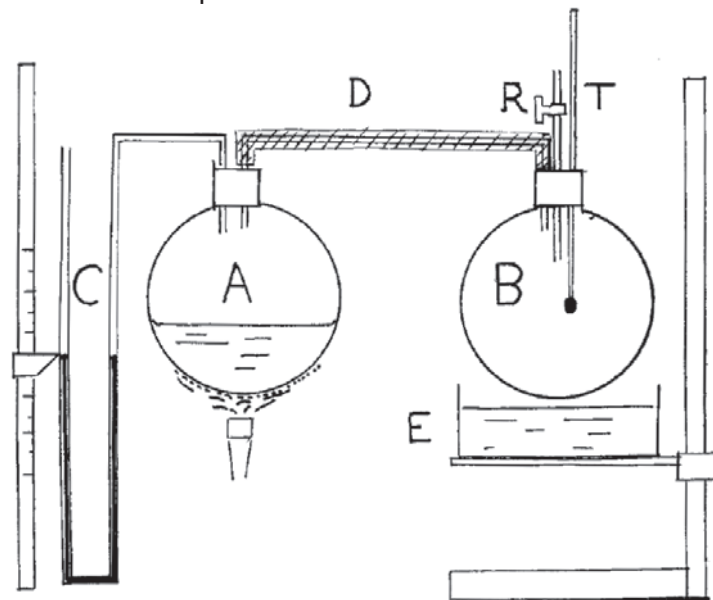


Figure 6 – montage expérimental

### Annexe 3 - montage réalisé en 2016 pour les Olympiades de la Physique

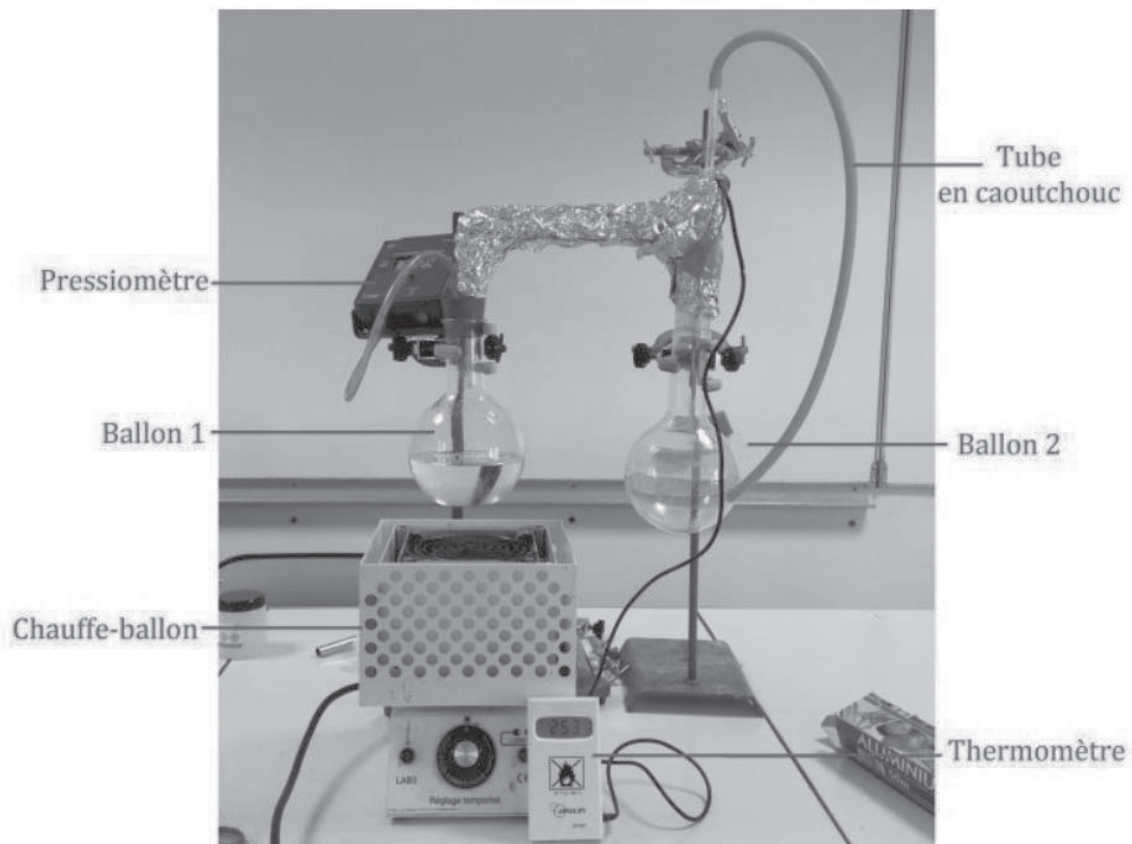


Figure 7 – montage « ballons sous pression ! »

## Annexe 4 - dispositif d'acquisition des mesures (extrait d'une notice technique)

### Entrées :

Une centrale d'acquisition de données possède 4 entrées pouvant être connectées à des capteurs automatiquement reconnus dont la fonction de transfert est instantanément validée. La mesure est alors directement affichée dans l'unité de la grandeur mesurée.

Ces 4 entrées différentielles (ou 8 entrées simples) peuvent aussi être utilisées pour acquérir des tensions. Elles sont alors réparties sur 4 convertisseurs analogiques - numériques (CAN) synchronisés, fonctionnant à une fréquence de 10 MHz, résolution 12 bits ; calibres  $\pm 10\text{ V}$ ,  $\pm 5\text{ V}$ ,  $\pm 1\text{ V}$ ,  $\pm 0,2\text{ V}$  ; Impédance d'entrée  $1\text{ M}\Omega$ .

### Capteurs disponibles :

#### Température :

	Etendue de mesures	Précision	Temps de réponse
Thermocouple Ni-Cr-Ni	- 220°C à + 1150°C	$\pm 1,5^\circ\text{C}$ ou $\pm 0,4\%$ de la valeur mesurée	1 ms
Thermistance	- 50°C à 300°C	$\pm 0,5^\circ\text{C}$	Environ 1 s
Pt100	- 200°C à + 200°C	$\pm 0,1^\circ\text{C}$	Inférieur à 9 s

#### Pression :

Capteur de pression absolue entre 0 et 2 000 hPa (liquides et gaz) ; précision  $\pm 0,5\%$  ; temps de réponse 1 ms.

Capteur de pression relative entre 0 et 100 hPa ; précision  $\pm 0,5\%$  ; temps de réponse 1 ms.

### Protocoles d'acquisition :

La centrale d'acquisition est reliée à une interface qui propose 4 protocoles d'acquisition :

Acquisition temporelle : spécifier la durée totale de l'acquisition, ainsi que le nombre de points souhaités qui seront acquis régulièrement.

Acquisition périodique : spécifier le nombre de points composant l'acquisition et la période d'échantillonnage.

Acquisition pas à pas : permet l'acquisition de grandeurs non instrumentées informatiquement. Pour ce faire, l'utilisateur saisit numériquement via le clavier de l'ordinateur, une à une, les différentes valeurs de la grandeur à acquérir. Entre chaque saisie, des mesures instrumentées (avec capteur ou sonde) peuvent être faites sur les autres voies. L'acquisition est alors mixte : valeurs saisies, et valeurs mesurées.

Acquisition XY : permet d'acquérir et de tracer en temps réel, deux grandeurs quelconques en fonction l'une de l'autre. Une des deux grandeurs est sélectionnée en référence.

Lorsque cette dernière évolue d'un pas de variation spécifié par l'utilisateur, les deux grandeurs sont acquises chacune sur un point de mesure unique. Tant que la grandeur de référence ne « re-varie » pas du pas de variation, aucune mesure n'est effectuée.

## Annexe 5 - température et pression dans un autocuiseur en fonctionnement au niveau de la mer



Figure 8 – Autocuiseur



Figure 9 – Soupape tournante

Sonde de pression

Sonde de température



Figure 10

Le réchaud électrique a une puissance de 2 kW réglable suivant 7 niveaux repérés de 0 à 6. Pour les résultats expérimentaux ci-dessous, l'autocuiseur contient environ 1,5 L d'eau et le niveau de chauffage du réchaud est réglé à 5. La température et la pression de la vapeur d'eau sont mesurées par des sondes fixées sur le couvercle transformé (figure 10).

Description des manipulations réalisées entre 0 et 20 min :

- La soupape tournante n'est pas en place. Le chauffage est en marche. Il y a élévation de température de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique.
- La soupape tournante est mise en place. Il y a élévation de la pression et de la température. Au moment de la mise en rotation de la soupape, on constate l'apparition des paliers en pression (1,56 bar) et en température (111°C).
- Après quelques minutes, on empêche la soupape de tourner (mettre le doigt dessus). Il y a alors élévation de la pression et de la température jusqu'au déclenchement de la soupape de sécurité. Dès que la soupape de sécurité fonctionne régulièrement, on note l'apparition des paliers en pression (1,95 bar) et en température (118°C).
- La soupape est libérée. On constate que la pression revient à la valeur de 1,56 bar et que la température revient à 111°C.
- La soupape est finalement enlevée. La pression revient à la pression atmosphérique et la température revient à la valeur du premier palier.

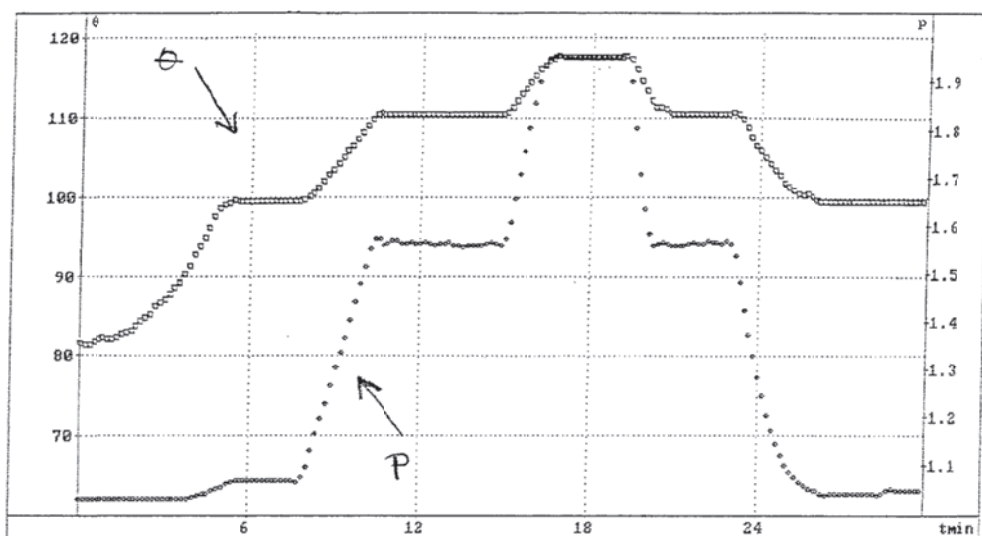


Figure 11 – évolution de la température et de la pression dans un autocuiseur avec  $\theta$  la température de la vapeur en °C,  $P$  la pression en bar et  $t_{min}$  le temps en minutes

### Partie 3 – Le choix d’une plaque de cuisson électrique

Dans le choix d’une plaque de cuisson interviennent divers critères : la multiplicité des allures de chauffe, la température à atteindre, mais également la consommation énergétique.

Les trois types de plaques électriques sur le marché actuellement sont :

- ♦ les plaques à foyers en **fonte** : des résistances électriques chauffent une plaque en fonte et la chaleur se propage par conduction dans le récipient à chauffer lorsqu’il est posé sur la plaque en fonte ;
- ♦ les plaques vitrocéramique à foyer **radiant** ou **halogène** : une source (résistance électrique ou lampe halogène) transfère l’énergie thermique au récipient par conduction mais aussi par rayonnement ;
- ♦ les plaques à **induction** (table vitrocéramique à foyer à induction) : grâce au champ magnétique créé par la bobine plate située dans la plaque de cuisson, des courants de Foucault apparaissent dans le fond du récipient à chauffer et produisent de l’énergie thermique par effet Joule.

#### Étude énergétique comparée

Un enseignant de terminale STI2D propose à ses élèves l’activité de l’annexe 6.

**Q10.** Réaliser une correction détaillée des questions 1 à 3 de cette activité.

**Q11.** Effectuer la résolution de problème proposée dans la question 4 de l’annexe 6.

#### Réglage de l’énergie thermique produite : exemple d’une plaque de cuisson en fonte

L’unique procédé de transmission de l’énergie thermique utilisé par les plaques en fonte est la conduction, ce qui limite la rapidité de montée en température. De plus, leur importante inertie thermique ne favorise pas la régulation de la température lors d’un changement de réglages.

Ce sont des plaques dites à *foyer obscur* dans lesquelles une résistance chauffante en chrome et nickel est encastrée dans une masse réfractaire, puis recouverte d’une plaque en fonte circulaire comme sur la figure 12.

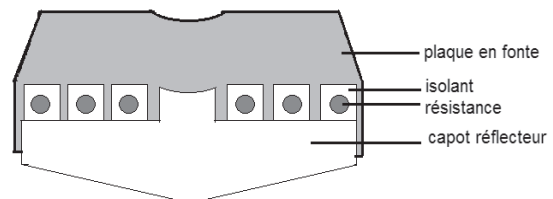


Figure 12 - vue en coupe d'un foyer en fonte

Les éléments chauffants sont disposés de manière concentrique afin de favoriser la répartition de l’énergie thermique, le centre n’étant chauffé que par conduction.

L’étude porte sur l’un des foyers en fonte de la plaque de cuisson électrique à quatre foyers *FAURE FEE 6940*, dont les caractéristiques sont données dans l’annexe 7.

**Q12.** Pour les positions de réglage 2, 4 et 6, schématiser l’association des résistances et calculer la résistance équivalente. En déduire la puissance « appelée » dans chaque cas puis justifier les conseils d’utilisation donnés pour chaque réglage en fonction du mode de cuisson recherché.

**Q13.** Sur quelle position de réglage faut-il se placer pour vérifier qu'aucune des résistances n'est endommagée ?

### Choix du métal du récipient pour une utilisation avec un chauffage par induction

Le chauffage par induction repose sur le principe suivant : un inducteur, bobinage enroulé en spirale et alimenté en courant sinusoïdal de fréquence  $f = 25$  kHz visible sur la photographie de la figure 13, crée un champ magnétique variable. Le fond métallique d'une casserole constitue alors l'induit où se développent des courants de Foucault. L'effet Joule produit par ces courants chauffe rapidement le fond de la casserole.

On modélise le fond du récipient par une plaque métallique cylindrique de rayon  $R = 7,0$  cm et d'épaisseur  $e = 5,0$  mm. L'inducteur est constitué de  $N = 10$  spires conformément à la figure 14.

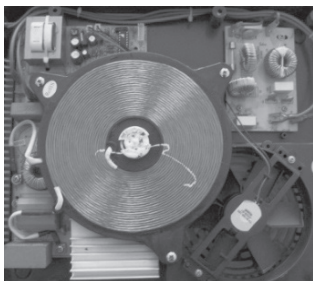


Figure 13 - bobinage dans une plaque à induction vue de dessus

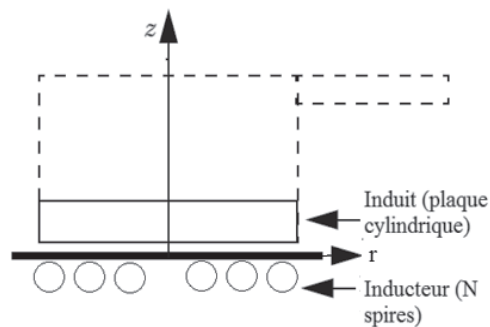


Figure 14 - schéma du chauffage par induction

On assimile le champ magnétique créé par l'inducteur au niveau du fond du récipient à un champ uniforme et axial, y compris en présence du récipient. Il s'écrit alors sous la forme :

$$\vec{B}_0(t) = B_0 \cos(\omega t) \vec{u}_z \quad \text{avec } B_0 = 5,0 \mu\text{T}.$$

Dans la suite du problème on se place en coordonnées cylindriques d'axe (Oz), on appelle  $r$  la distance d'un point à l'axe.

Le but de cette partie est de comparer le comportement d'un récipient en cuivre à celui d'un récipient en acier ferromagnétique. On tiendra simplement compte du fait que la conductivité électrique  $\gamma$  et la perméabilité magnétique relative  $\mu_r$  des deux métaux considérés n'est pas la même.

#### Données :

- perméabilité magnétique du vide :  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$  ;
- pour le cuivre :  $\gamma_c = 5,9 \times 10^7 \text{ S.m}^{-1}$ ,  $\mu_{r,c} = 1,0$  ;
- pour l'acier :  $\gamma_a = 0,59 \times 10^7 \text{ S.m}^{-1}$ ,  $\mu_{r,a} = 100$ .

**Q14.** À partir des équations de Maxwell ainsi que d'arguments de symétries adaptés, justifier l'existence et la direction du vecteur densité de courant électrique dans le fond du récipient.

À partir de ces mêmes équations de Maxwell appliquées dans le fond du récipient, on montre, pour l'admettre ensuite, que la densité de courants s'écrit sous la forme :

$$\vec{j}(r, z, t) = j_0 r e^{-z/\delta} \sin\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right) \vec{u}_\theta$$

avec  $j_0 = \frac{\mu_r \gamma \omega N B_0}{2}$  et  $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \gamma \mu_0 \mu_r}}$ .

**Q15.** Commenter le sens de variation de l'amplitude de  $\vec{j}(r, z, t)$  avec  $r$  et  $z$ . Quelle est l'unité de  $\delta$  et sa signification physique ? Décrire précisément le phénomène physique modélisé par l'expression  $\sin\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right)$ .

**Q16.** On rappelle l'expression de la puissance volumique instantanée dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique donnée par  $p_v(r, z, t) = \frac{j^2}{\gamma}$ . Exprimer la puissance moyenne totale dissipée dans la plaque.

**Q17.** Calculer puis comparer la puissance dissipée par chaque métal et commenter.

## ANNEXES DE LA PARTIE 3

### Annexe 6 - activité proposée en classe de terminale STI2D par un enseignant

L'activité s'appuie sur les résultats d'une étude expérimentale financée entre autres par EDF (Électricité de France) et l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

Un des objectifs de cette étude est d'apporter une réponse à l'évaluation des consommations de la cuisson électrique.

98 logements de la Drôme et de l'Ardèche ont été instrumentés pendant une durée d'un mois entre janvier et juillet (3,2 personnes par logement en moyenne). Le système de mesures utilisé a permis de recueillir la puissance appelée, les heures d'utilisation, le temps de fonctionnement des appareils ainsi que l'énergie et la tension toutes les dix minutes pour chacun des appareils instrumentés.

*L'objectif de cette activité est d'utiliser les résultats de l'étude afin de répondre à la problématique suivante :*

*L'un des ménages équipés désire remplacer les foyers en fonte défectueux et peu adaptés à leurs habitudes culinaires. Il s'interroge : combien d'années sont nécessaires pour rentabiliser l'achat d'une plaque à induction à faible consommation en veille par rapport à celui d'une plaque vitrocéramique sans consommation en veille ?*

*Données :*

- Selon nos mesures, cette famille utilise ses plaques en fonte 400 heures/an.
- Le prix moyen d'une plaque de cuisson à quatre feux : 150 euros pour une plaque en fonte, 250 euros pour une plaque vitrocéramique, 400 euros pour une table à induction.
- Prix du kWh pour un compteur de 9 kVA résidentiel au tarif bleu au 01/08/2018 : 0,1467 € TTC.

*Extrait du compte rendu de l'étude menée sur les 98 logements :*

Le tableau qui suit regroupe les principaux résultats de l'étude :

Caractéristiques	Fonte	Vitrocéramique	Induction
Consommation moyenne par heure de fonctionnement (Wh/h)	1161	999	588
Puissance de veille (W)	0	0 à 8	8 à 18
Durée de la chauffe lors du passage de 2,0 kilogrammes d'eau de 20°C à 90°C (s)	540	360	267
Durée quotidienne d'utilisation (min/jour)	26	45	58
Consommation annuelle d'énergie (kWh)	184	281	337

La consommation annuelle brute des plaques de cuisson – dernière ligne du tableau – fournit un classement en apparence surprenant puisque les performances intrinsèques des différentes technologies sont exactement dans l'ordre inverse. Or la consommation d'un équipement dépend de plusieurs facteurs : son efficacité mais aussi du nombre d'heures d'utilisation et de sa consommation de veille. En effet, l'étude révèle que les utilisateurs de plaque à induction ont tendance à cuisiner davantage.

On peut, grâce aux résultats de l'étude, tracer les caractéristiques de la consommation en fonction de la durée d'utilisation annuelle des appareils :



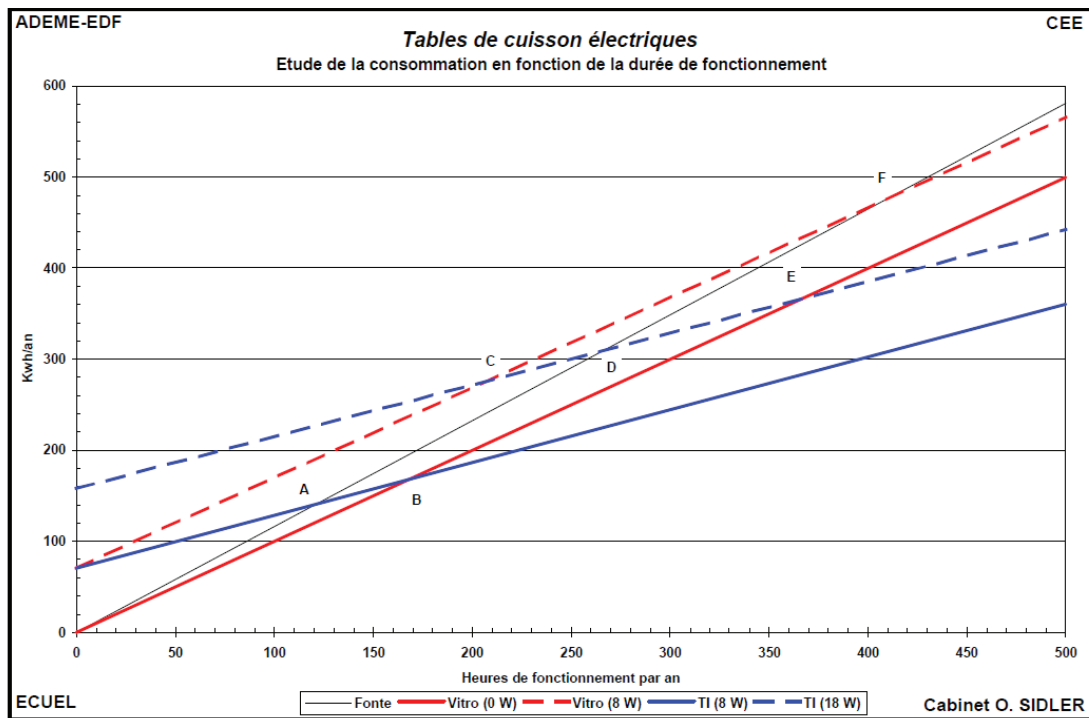



Figure 15 – étude comparative de la consommation des plaques de cuisson en fonction de leur durée de fonctionnement



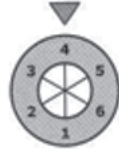

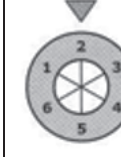
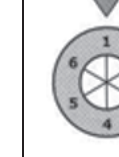
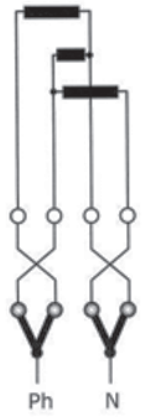
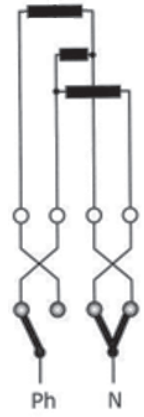

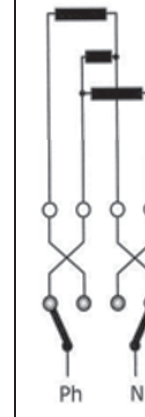
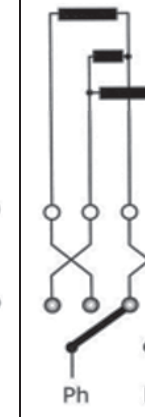

### TRAVAIL À EFFECTUER

1. Expliquer les sens de variation opposés des première et dernière lignes du tableau.
2. À partir des données du tableau, établir l'équation qui a permis de tracer la droite correspondant à une plaque à induction dont la puissance de veille est maximale. Vérifier la cohérence entre l'équation déterminée et le graphique.
3. À l'aide du graphique, déterminer à partir de quelle durée d'utilisation annuelle il est préférable d'utiliser une plaque à induction dont la puissance de veille est maximale par rapport à une plaque de fonte.
4. **Résolution de problème** : répondre à la problématique soulevée par le ménage. Commenter le résultat obtenu et porter un regard critique sur les hypothèses réalisées lors de la résolution.

## Annexe 7 – caractéristiques de l'un des foyers en fonte de la plaque de cuisson électrique à quatre foyers FAURE FEE 6940 (extrait d'une notice technique)

Type d'énergie	Electrique	
Puissance électrique totale (W)	2000	
Tension (V)	230	
Résistances	R1 : 150Ω / 352W R3 : 50Ω / 1058W	R2 : 80Ω / 661W
Schéma de la plaque avec trois résistances et quatre bornes		

Il existe 6 réglages possibles du thermostat détaillés dans le tableau ci-dessous :

Positions	6	5	4	3	2	1
Réglages						
Association des résistances  De haut en bas R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> .						
Conseils d'utilisation	Bouillir - saisir	Porter à ébullition	Faire frire	Faire mijoter	Faire mijoter doucement	Maintien au chaud



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**Document réponse 1 – partie 1 - Q1**  
**Sujet de baccalauréat blanc « L'huile dans l'eau, ça fait des vagues »**

QCM 1 : Mettre une croix dans les cases des bonnes réponses. Il peut y avoir plusieurs bonnes réponses pour chaque question.

	a	b	c	d
1.1				
1.2				
1.3				
1.4				
1.5				

**Document réponse 2 – partie 1 – Q3**  
**Copie d'un élève au baccalauréat blanc**

2. Chute dans l'air

La seconde loi de Newton impose que :  $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$   
 Or ici la seule force qui s'applique est  $\vec{P} = m\vec{g}$   
 D'où  $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} = m\vec{g}$   
 Alors  $m\vec{a} = m\vec{g}$   
 Soit  $\vec{a} = \vec{g}$  et ici  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  L'accélération a  
vaut  $10 \text{ m.s}^{-2}$ .

Donc  $\vec{a} \begin{cases} 0 \\ -g \end{cases}$   
 Or  $\vec{a} \begin{cases} v_x/dt = 0 \\ v_y/dt = -g \end{cases}$   
 On intègre pour retrouver le vecteur vitesse.  
 $\vec{v} \begin{cases} v_x = Cste \\ v_y = -gt + Cste' \end{cases}$   
 On recherche à présent les constantes  
 A  $t=0$ ,  $v_{x0} = 0$  donc  $Cste = 0$  Soit  $\vec{v} \begin{pmatrix} 0 \\ -gt + v \end{pmatrix}$   
 $v_{y0} = v$

On intègre à nouveau pour trouver le vecteur position :  
 $\vec{x} \begin{cases} x = Cste'' \\ y = -\frac{gt^2}{2} + vt + Cste''' \end{cases}$   
 Or à  $t=0$ ,  $x = 0$  et  $y = H$  d'où  $\vec{x} \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{gt^2}{2} + vt + H \end{pmatrix}$

Il nous reste à déterminer l'équation :

$$\text{On a } y = \frac{-gt^2}{2} + vt + H$$

$$y = \frac{-10 \times t^2}{2} + vt + 1,00$$

$$\text{Or } v = \frac{d}{t} \text{ soit : } y = \frac{-10 \times t^2}{2} + \frac{d}{t} + 1,00$$

$$\text{et } d = H = 1,00 \text{ m soit } y = \frac{-10 \times t^2}{2} + \frac{1,00}{t} + 1,00$$

2.2.  $y = H$  donc on peut écrire :

$$1,00 = \frac{-10 \times t^2}{2} + 1,00 + 1,00$$

$$0 = \frac{-10t^2}{2} + 1,00$$

$$0 = -10t^2 + 1,00$$

$$1,00 = \frac{-10t^2}{2}$$

$$2,00 = -10t^2$$

$$-0,2 = t^2$$

$t = \sqrt{-0,2}$  Impossible qu'une racine soit négative, j'ai dû faire une erreur.

### 3 Des Ondes à la surface de l'eau

3.1. Une onde est un déplacement avec matière au moment, qui se caractérise par une double périodicité, temporelle et spatiale. Elle peut être de plusieurs natures (mécanique, sonore...).

3.2. Les ondes qui apparaissent à la surface de l'eau sont transversales puisqu'elles traversent tout le milieu et ne se propagent pas selon une longueur telles les ondes longitudinales.

3.3 On recherche la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau.

Sur l'image 3 :  $d = 2 \text{ cm}$

Sur l'image 5 :  $d = 4 \text{ cm}$

Or l'échelle est de :  $4 \text{ cm réelle} \leftrightarrow 30 \text{ cm}$

D'où  $2 \text{ cm} \leftrightarrow 15 \text{ cm}$

$4,1 \text{ cm} \leftrightarrow 30,75 \text{ cm}$

2 images s'écoulent pour  $30,75 - 15 = 15,75 \text{ cm}$

Donc  $2\lambda = 15,75 \text{ cm}$

$\lambda = 7,875 \text{ cm}$

Or  $v = \frac{\lambda}{t} = \frac{7,875}{t}$

En 1 seconde il y a 10 images soit 4 images toutes les

$1,0 \cdot 10^{-1} \text{ s}$ . Ici il y a un écart de  $t = 2 \times 0,1 = 0,2 = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ s}$

$$v = \frac{7,875}{2,0 \cdot 10^{-1}} = 3,9 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Les ondes se propagent à une vitesse de  $3,9 \text{ cm} \cdot \text{par seconde}$ .

### Document réponse 3 – partie 2 – Q7 à Q9

#### Relevé expérimental de la courbe de pression de vapeur saturante de l'eau Ps(T)- Olympiades de la Physique 2016

