

# Baccalauréat STL B

Épreuve de sciences physiques

Session septembre 2014

Métropole

06/12/2014

[www.udppc.asso.fr](http://www.udppc.asso.fr)

**Correcti**

## PARTIE A : traitement du lait et pasteurisation.

### 1. Contrôle qualité du lait (document A1)

Quand le lait arrive à la laiterie le pH est testé par un opérateur qui dispose de papier pH et d'un pH-mètre. L'opérateur trouve un pH égal à 6,7.

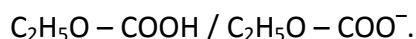
1.1. Quelle méthode a-t-il utilisé pour mesurer le pH du lait ? Justifier votre réponse.

**Le résultat étant donné au dixième d'unité de pH, la mesure a été faite au pH-mètre et non au papier pH.**

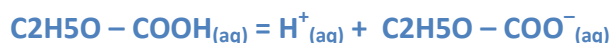
1.2. La qualité du lait est-elle satisfaisante. Justifier la réponse.

**D'après le document A1, le lait doit avoir un pH supérieur à 6,5. La qualité est donc satisfaisante vu le pH**

L'acidité du lait est due à l'acide lactique qui appartient au couple acidobasique acide lactique / ion lactate :



1.3. Donner la demi-équation acidobasique correspondant à ce couple.



1.4. Quel est l'ion responsable de l'acidité de ce couple ?

**L'acidité est due à l'ion  $\text{H}^+$ .**

### 2. Étude du pasteurisateur à plaque

La laiterie est dotée d'un pasteurisateur en continu décrit dans le document A2. Il fonctionne pendant les heures creuses (22h - 6h) pour lesquelles le prix de l'énergie électrique est de 0,101 € le kW.h.

2.1. Quelle est la durée nécessaire à la pasteurisation d'un volume V égal à  $10,0 \cdot 10^3$  litres de lait ?

**D'après le document A2, le pasteurisateur peut traiter  $1250 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ , donc pour pasteuriser  $V = 10,0 \cdot 10^3 \text{ L}$  de lait, il faudra :  $\frac{10,0 \cdot 10^3}{1250} = 8,0 \text{ h}$**

2.2. Calculer l'énergie consommée (en kW.h et en J) par le pasteurisateur pour traiter le volume V de lait ?

**Le pasteurisateur a une puissance de 32 kW et fonctionne pendant 8,0 h. Il va consommer une énergie  $E = P \times t = 32 \times 8 = 256 \text{ kW} \cdot \text{h}$**

**Ou  $E = 32 \cdot 10^3 \times 8 \times 3600 = 9,2 \cdot 10^8 \text{ J}$  (P en Watt et t en seconde pour avoir E en joule)**

2.3. Combien coûte la pasteurisation du lait ?

Le prix du kilowatt heure est de 0,101 €, la machine consomme 256 kW.h, ce qui fait un coût de  $256 \times 0,101 = 25,9$  €

### 3. Étude énergétique du pasteurisateur

Dans le compartiment 2, le lait cru initialement à la température de 6,0°C est porté à une température de 49,0°C.

- 3.1. Expliquer pourquoi la température du lait peut s'élever dans le récupérateur de chaleur présenté dans le document A2.

Le lait est mis en contact avec de le lait chaud qui sort du compartiment de chauffage, il y aura donc un transfert d'énergie thermique du lait chaud vers le lait froid : la température du lait va s'élever.

- 3.2. Lors du chauffage, le lait cru a une température initiale  $\theta_i$  de 49°C est chauffé jusqu'à la température finale  $\theta_f$  de 65°C. Calculer l'énergie E consommée lors de cette étape.

Données :

- ✓ La masse volumique du lait cru à 40 % de matière grasse,  $\rho_{\text{lait}}$ , est de  $1,03 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- ✓ La capacité thermique massique du lait cru vaut  $C_{\text{lait}} = 3,80 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Le lait va recevoir une énergie  $E = m \times C_{\text{lait}} \times (\theta_f - \theta_i) = \rho \times V \times C_{\text{lait}} \times (\theta_f - \theta_i)$

Attention aux unités :  $\rho = 1,03 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 1,03 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$  car  $C_{\text{lait}}$  est en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$

$$E = 1,03 \times 10,0 \cdot 10^3 \times 3,80 \cdot 10^3 \times (65 - 49) = 6,26 \cdot 10^8 \text{ J}$$

- 3.3. Quelle part du coût énergétique global de fonctionnement du pasteurisateur cette étape représente-t-elle ?

On a calculé dans la question 2.2. que l'énergie électrique apportée au pasteurisateur est de  $9,2 \cdot 10^8 \text{ J}$ .

Or seuls  $6,26 \cdot 10^8 \text{ J}$  servent à chauffer le lait.

Ce qui représente :  $\frac{6,26 \cdot 10^8}{9,2 \cdot 10^8} = 0,68$  soit 68 %.

Seule 68 % de l'énergie consommée sert à l'étape de chauffage

- 3.4. L'échangeur à plaque comporte trois groupements de résistances en dérivation alimentées sous 400 V. Chaque groupement est parcouru par un courant d'intensité 20 A.

- 3.4.1. Écrire la relation entre les grandeurs puissance, tension et intensité en régime continu, en précisant les unités figurant dans cette relation.

**P : puissance en Watt (W)**

**En régime continu,  $P = U \times I$  U : tension en volt (V)**

**I : intensité en ampère (A)**

**3.4.2.** En déduire la puissance électrique reçue par un groupement de résistances.

$$P = 400 \times 20 = 8\,000 \text{ W}$$

#### 4. Stockage du lait

Après avoir été stérilisé, le lait est stocké dans une cuve cylindrique de hauteur  $H = 5,00 \text{ m}$  et de surface de base  $S = 2,00 \text{ m}^2$ . On s'intéresse dans cette partie aux forces exercées sur le fond de la cuve.

##### Quelques données :

- Masse volumique du lait :  $\rho_{\text{lait}} = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- L'intensité  $F$  (en N) de la force pressante qui s'exerce sur une surface  $S$  (en  $\text{m}^2$ ), soumise à une pression  $P$  (en Pa), se calcule par la relation :  **$F = P \times S$**

Deux forces pressantes sont exercées de part et d'autre du fond de la cuve. La face intérieure est soumise à une pression due à l'atmosphère et à la présence du lait et la face extérieure uniquement à la pression atmosphérique.

On note :  $P_{\text{atm}}$  la pression atmosphérique et  $P_{\text{relative lait}}$  la pression relative exercée par le lait.

**4.1.** Exprimer, sans la calculer, l'intensité  $F_{\text{int}}$  de la force exercée sur la face intérieure.

**Cette force est due à la présence du lait et de l'air :  $F_{\text{int}} = (P_{\text{atm}} + P_{\text{relative}}) \times S$   
Elle est verticale dirigée vers le bas.**

**4.2.** Même question pour l'intensité  $F_{\text{ext}}$  de la force exercée sur la face extérieure.

**Cette force n'est due qu'à la présence de l'air :  $F_{\text{ext}} = P_{\text{atm}} \times S$   
Cette force est verticale dirigée vers le haut.**

**4.3.** En déduire que l'intensité  $F_{\text{R}}$  de la force résultante de ces deux forces ne dépend que de la pression relative due au lait et de la surface du fond de la cuve.

**Ces deux forces sont verticales mais de sens contraire : la partie due à la pression atmosphérique s'annule :  $F_{\text{R}} = P_{\text{relative}} \times S$**

**4.4.** Calculer l'intensité  $F_{\text{R}}$ .

$$F_{\text{R}} = P_{\text{relative}} \times S = \rho_{\text{lait}} \times g \times H \times S = 1,03 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 5,00 \times 2,00 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ N}$$

## PARTIE B : remplissage, vérification et entretien de la cuve

### 1. Remplissage de la cuve

Pour remplir la cuve, il faut respecter certaines contraintes explicitées dans le document B1.

- 1.1. Sachant que la cuve a une contenance  $V$  de  $10,0 \cdot 10^3$  L, déterminer en heures le temps nécessaire pour remplir la cuve.

D'après le document, le débit du lait est  $D_v = 1,4 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ .

$$\text{Or } D_v = \frac{V}{t} \text{ donc } t = \frac{V}{D_v} = \frac{10,0 \cdot 10^3}{1,4} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ s soit environ 2h}$$

- 1.2. On rappelle que la relation entre le débit  $D$ , la vitesse d'écoulement  $v$  et la section  $S$  de la canalisation s'écrit :  $D = v \times S$

- 1.2.1. Préciser dans quelles unités du système international il faut exprimer chaque terme de la relation.

Dans cette formule :

- Le débit volumique  $D$  s'exprime en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- La vitesse  $v$  en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- La section  $S$  en  $\text{m}^2$

- 1.2.2. À débit constant, comment évolue la vitesse du liquide quand la section de la canalisation augmente ?

Pour que le débit  $D$  reste constant, si la section  $S$  augmente, alors la vitesse  $v$  doit diminuer.

- 1.3. À l'aide du document B1, montrer que la section de la canalisation doit être supérieure ou égale à  $S = 7,8 \text{ cm}^2$ .

On doit convertir le débit :  $D = 1,4 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

D'après le document, la vitesse doit être inférieure à  $1,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Or  $S = \frac{D}{v}$  donc pour un même débit, si  $v < v_{\max} = 1,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\text{alors } S_{\min} > \frac{D}{v_{\max}} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3}}{1,8} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 7,8 \text{ cm}^2.$$

- 1.4. En déduire le diamètre  $d$  minimum de la canalisation.

On rappelle que la surface d'un disque s'exprime en fonction du rayon  $R$  par la relation :

$$S = \pi \times R^2.$$

$$\text{On a } S_{\min} = \pi \times R_{\min}^2 \text{ donc } d_{\min} = 2 \times R_{\min} = 2 \times \sqrt{\frac{S_{\min}}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{7,8}{\pi}} = 3,2 \text{ cm.}$$

## 2. Vérification de la cuve

On souhaite contrôler de façon non destructive l'état de la cuve en acier inoxydable d'épaisseur 7,0 mm. On dispose pour cela d'un poste de radiographie pouvant travailler sous une tension comprise entre 20 kV et 120 kV.

2.1. À l'aide du document B2, préciser sur quelle tension il faut régler l'appareil de radiographie.

La cuve est en acier inoxydable de 7,0 mm d'épaisseur. D'après le document, il faut régler l'appareil sur une tension de 100 kV.

2.2. À l'aide des documents B2 et B3,

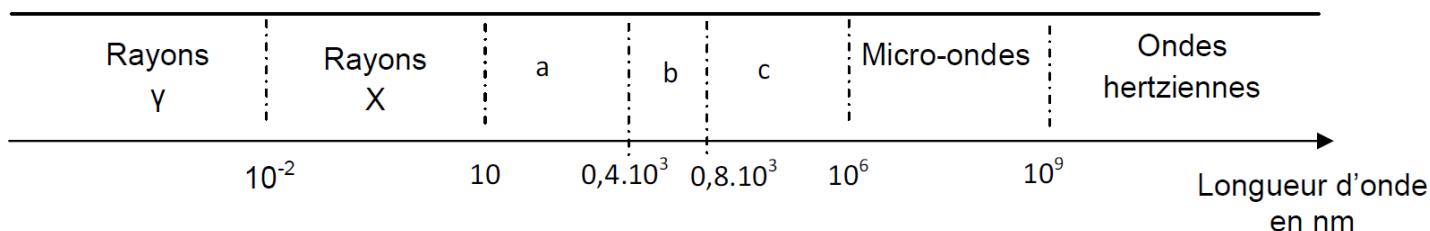
2.2.1. Relever la fréquence du rayonnement émis par le poste de radiographie et calculer la longueur d'onde de la radiation émise.

vitesse des ondes électromagnétiques dans l'air :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

L'appareil fonctionne à la fréquence  $f = 1,42 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$ .

Ce qui correspond à une longueur d'onde  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1,42 \cdot 10^{19}} = 2,11 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ .

2.2.2. Compléter les trois informations manquantes (a, b, c) du **document réponse R1** à rendre avec la copie. Quel est le type de radiations utilisé pour radiographier la cuve ?



a. ultraviolet (UV)

b. visible

c. Infrarouge (IR)

L'appareil utilise des ondes de longueur d'onde  $6,20 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 6,20 \cdot 10^{-2} \text{ nm}$  ce qui correspond à des rayons X.

## 3. Entretien de la cuve

L'entretien de la cuve nécessite plusieurs étapes dont l'utilisation d'un désinfectant.

3.1. À l'aide du document B4, justifier le choix d'une solution contenant de l'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) comme désinfectant.

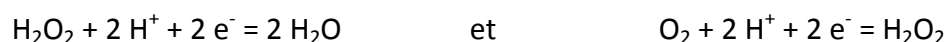
D'après le document, l'eau chaude laisserait des dépôts de calcaire, l'acide pèracétique est explosif et corrosif et les sels d'ammonium quaternaires sont interdits en laiterie.

**L'eau oxygénée ne laisse pas de résidu mais doit être utilisée à chaud.**

**3.2.** L'eau oxygénée appartient aux couples oxydant/réducteur suivants :  
couple 1 :  $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$  ; couple 2 :  $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$

L'eau oxygénée est une espèce instable qui peut, sous certaines conditions, réagir avec elle-même, intervenant à la fois comme oxydante et comme réductrice.

La réaction est exothermique et libère du dioxygène ; elle peut être décrite à partir des deux demi-équations d'oxydoréduction suivantes :

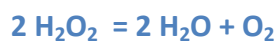
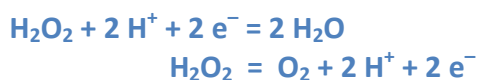


La mesure du volume de dioxygène libéré permet de déterminer le titre en  $\text{g.L}^{-1}$  en eau oxygénée du désinfectant.

Une expérience réalisée en laboratoire pour un volume  $V'$  égal à 0,10 L de désinfectant (à 20 °C et sous une pression de  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ) libère 1L de dioxygène.

**3.2.1.** Écrire l'équation-bilan de la réaction de l'eau oxygénée sur elle-même.

**On part des deux demi-équations que l'on met dans le sens voulu ici :**



**3.2.2.** Calculer les quantités de matière (en mol) de dioxygène formé et d'eau oxygénée s'étant décomposée.

**On a récupéré  $V = 1 \text{ L}$  d'eau oxygénée.**

$$\text{Soit } n = \frac{V}{V_m} = \frac{1}{24} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

**D'après l'équation trouvée ci-dessus, pour produire 1 mole de  $\text{O}_2$ , il faut 2 moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .**

**Donc, ici, on a décomposé  $2 \times 4,2 \cdot 10^{-2} = 8,4 \cdot 10^{-2}$  mol d'eau oxygénée.**

**3.2.3.** Calculer le titre en eau oxygénée (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) du désinfectant.

**La masse molaire de l'eau oxygénée est :**

$$M = 2 \times M(\text{O}) + 2 \times m(\text{H}) = 2 \times 16 + 2 \times 1 = 34 \text{ g.mol}^{-1}.$$

**0,1 L de désinfectant contient  $n = 8,4 \cdot 10^{-2}$  mol d'eau oxygénée, soit  $m = n \times M = 34 \times 8,4 \cdot 10^{-2} = 2,9 \text{ g}$ .**

**Donc 1L de désinfectant en libère 10 fois plus : 29 g.**

**Le titre massique est donc de 29 g/L**

## PARTIE C : transport des fromages

Entre l'unité de fabrication et l'unité d'emballage les fromages sont transportés à vitesse constante par un convoyeur à bandes inclinées schématisé dans le document C1.

### 1. Étude mécanique

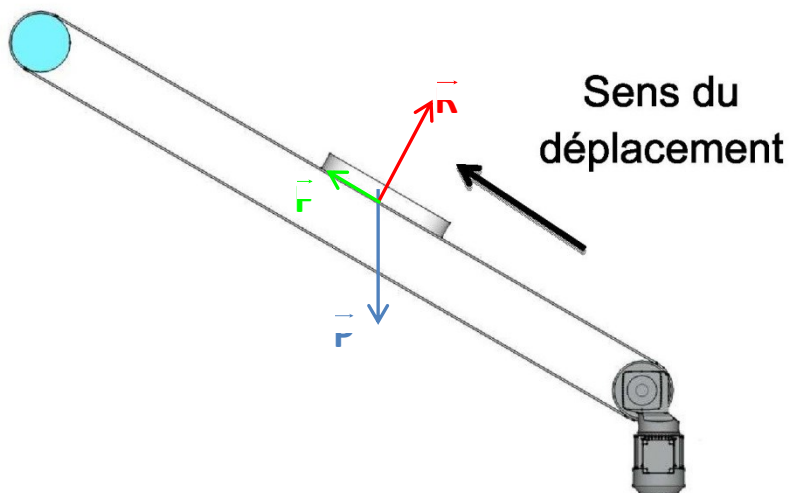
- 1.1. Faire un bilan des forces s'exerçant sur un fromage (système étudié : un fromage).  
Des forces de frottement sont-elles présentes ?

**Le fromage est soumis à 3 forces :**

- Son poids  $\vec{P}$
- La réaction du tapis  $\vec{R}$
- La force de frottements  $\vec{f}$

**Il y a des frottements sinon le fromage est glisserait vers le bas du tapis.**

Compléter le **document réponse R2** à rendre avec la copie en représentant sans souci d'échelle les forces exercées sur le système étudié.



- 1.2. L'énergie mécanique du système étudié se conserve-t-elle le long du trajet AB (de A vers B) ? Pourquoi ?

**L'énergie cinétique  $E_c$  est constante, l'énergie potentielle  $E_p$  de pesanteur augmente : l'énergie mécanique  $E_m = E_c + E_p$  ne se conserve pas : elle augmente.**

- 1.3. On s'intéresse au travail du poids entre les points de départ A et d'arrivée B.  
Exprimer le travail  $W_p$  du poids du fromage entre ces deux points en fonction de la différence de hauteur h.

$$W_p = m \times g \times (h_A - h_B) = - m \times g \times h$$

- 1.4. Calculer numériquement le travail  $W_p$  et interpréter son signe.  
Intensité de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

- **Calcul de h :**



$$\sin(30^\circ) = \frac{h}{D} \text{ donc } h = D \sin(30^\circ) = \frac{D}{2}$$

- Calcul de  $W_p$  :

$$W_p = -m \times g \times h = -0,700 \times 9,81 \times 5 \sin(30^\circ) = -17 \text{ J}$$

Le travail du poids est négatif, c'est un travail résistant.

## 2. Le convoyeur à bandes

**2.1.** Sachant que l'on dépose à l'entrée du convoyeur un fromage toutes les 2 secondes. Calculer la vitesse minimale de la bande porteuse pour que 2 fromages successifs soient éloignés d'au moins 2 cm.

Pour que 2 fromages soient séparés d'au moins 2 cm, il faut qu'un fromage de diamètre  $d_{\text{from}} = 20 \text{ cm}$  se déplace au moins d'une distance  $d_{\text{min}} = 22 \text{ cm} = 0,22 \text{ m}$  pendant ces 2 s.

$$v_{\text{min}} = \frac{d_{\text{min}}}{\Delta t} = \frac{0,22}{2} = 0,11 \text{ m.s}^{-1}.$$

**2.2.** À l'aide des données des documents C1 et C2 :

**2.2.1.** Montrer que la vitesse linéaire réelle,  $v_b$ , de la bande porteuse est égale à  $1,05 \text{ m.s}^{-1}$ . Peut-il y avoir superposition de 2 fromages (la réponse est à justifier) ?

D'après le document C1, la durée du transfert est de 4,78 s.

Donc un fromage se déplace de  $D = 5 \text{ m}$  en un temps  $t = 4,78 \text{ s}$ .

$$v = \frac{D}{t} = \frac{5}{4,78} = 1 \text{ m.s}^{-1}.$$

Cette vitesse est supérieure à la vitesse minimale calculée dans la question 2.1, il n'y a donc pas superposition de 2 fromages.

**2.2.2.** Déterminer la vitesse de rotation du tambour de commande motorisé ? L'exprimer en  $\text{rad.s}^{-1}$  puis en  $\text{tour.min}^{-1}$ .

Le rayon du tambour de commande est égal à  $\frac{11,2}{2} = 5,6 \text{ cm} = 0,056 \text{ m}$ .

D'après le document C2,  $v = R \times \omega$ , donc  $\omega = \frac{v}{R} = \frac{1}{0,056} = 18 \text{ rad.s}^{-1}$ .

Or 1 tour =  $2\pi \text{ rad}$

Donc  $\omega = \frac{18}{2\pi} = 3,0 \text{ tr.s}^{-1}$

Et comme 1 min = 60s,  $\omega = 3,0 \times 60 = 180 \text{ tr.min}^{-1}$

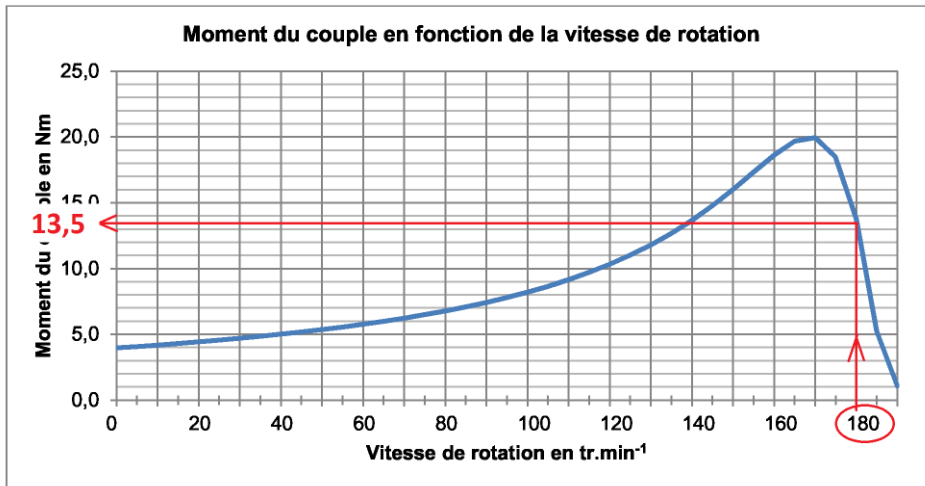
**2.3.** Puissance et rendement.

La bande porteuse est entraînée par un ensemble {moteur, réducteur} que l'on nommera simplement "moteur" par la suite. La caractéristique mécanique du "moteur" (moment du couple, vitesse de rotation) est représentée sur le document C3.

Pour un système en rotation à la vitesse angulaire  $\omega$  (en  $\text{rad.s}^{-1}$ ) autour d'un axe fixe, la puissance  $P$  (en watt) développée par un couple de forces est égale au produit du moment du couple  $C$  (en N.m) et de la vitesse angulaire.

On détermine par une mesure la puissance électrique  $P_{\text{elec}}$  consommée par le "moteur" :  
 $P_{\text{elec}} = 300 \text{ W}$ .  
 Déterminer le rendement du "moteur" et compléter par des valeurs numériques le document réponse R3 à rendre avec la copie.

À l'aide du document C3, on détermine le couple correspondant à une vitesse de  $180 \text{ tr.min}^{-1}$  :



On a donc  $C = 13,5 \text{ N.m}$

D'après l'énoncé de la question on a :  $P = C \times \omega = 13,5 \times 18 = 243 \text{ W}$

Le rendement est défini comme étant le rapport de la puissance utile (ici P) sur la puissance consommée (ici  $P_{\text{elec}}$ ) :

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{consommée}}} = \frac{P}{P_{\text{elec}}} = \frac{243}{300} = 0,81 = 81 \%$$

Le moteur a un rendement de 81 %

Sur les 300 W consommés, 243 W servent à faire tourner le moteur, le reste ( $300 - 243 = 57 \text{ W}$ ) sont des pertes.

