

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

- Session 2014 -

## Sciences et Technologies de Laboratoire spécialité Biotechnologies

### Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

**EPREUVE DU VENDREDI 12 SEPTEMBRE 2014**

**Durée de l'épreuve : 3 heures**

**Coefficient : 4**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte **11** pages numérotées de 1/11 à 11/11.

**Les documents réponses page 11/11 sont à rendre avec la copie.**

*L'usage d'une calculatrice est autorisé.*

*Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée*

# VISITE D'UNE FROMAGERIE

La fromagerie Cheesy-Miam est livrée chaque jour par un camion dont le contenu de la citerne, réfrigéré à 6°C, a un volume  $V$  de  $10,0 \cdot 10^3$  litres. Le camion collecte le lait produit dans les fermes situées dans un rayon de 50 km autour de la laiterie. Le lait est ensuite transformé pour produire du fromage à pâte molle.

Un élève stagiaire étudie différents postes de la laiterie :

- PARTIE A : traitement du lait et pasteurisation.
- PARTIE B : remplissage, vérification et entretien de la cuve.
- PARTIE C : transport des fromages.

## PARTIE A : traitement du lait et pasteurisation.

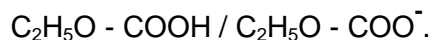
Les documents utiles se trouvent en **annexe A**

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

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 ?

### 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 ?
- 2.2. Calculer l'énergie consommée (en kW.h et en J) par le pasteurisateur pour traiter le volume  $V$  de lait ?
- 2.3. Combien coûte la pasteurisation du lait ?

### 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.
- 3.2. Lors du chauffage, le lait cru à 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  $C_{\text{lait}} = 3,80 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

- 3.3. Quelle part du coût énergétique global de fonctionnement du pasteurisateur cette étape représente-t-elle ?
- 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.
  - 3.4.2. En déduire la puissance électrique reçue par un groupement de résistances.

### 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 :  $\mathbf{F} = \mathbf{P} \times \mathbf{S}$

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.
- 4.2. Même question pour l'intensité  $F_{\text{ext}}$  de la force exercée sur la face extérieure.
- 4.3. En déduire que l'intensité  $F_R$  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.
- 4.4. Calculer l'intensité  $F_R$ .

## ANNEXE A

### A.1. Exigences de base sur la qualité du lait

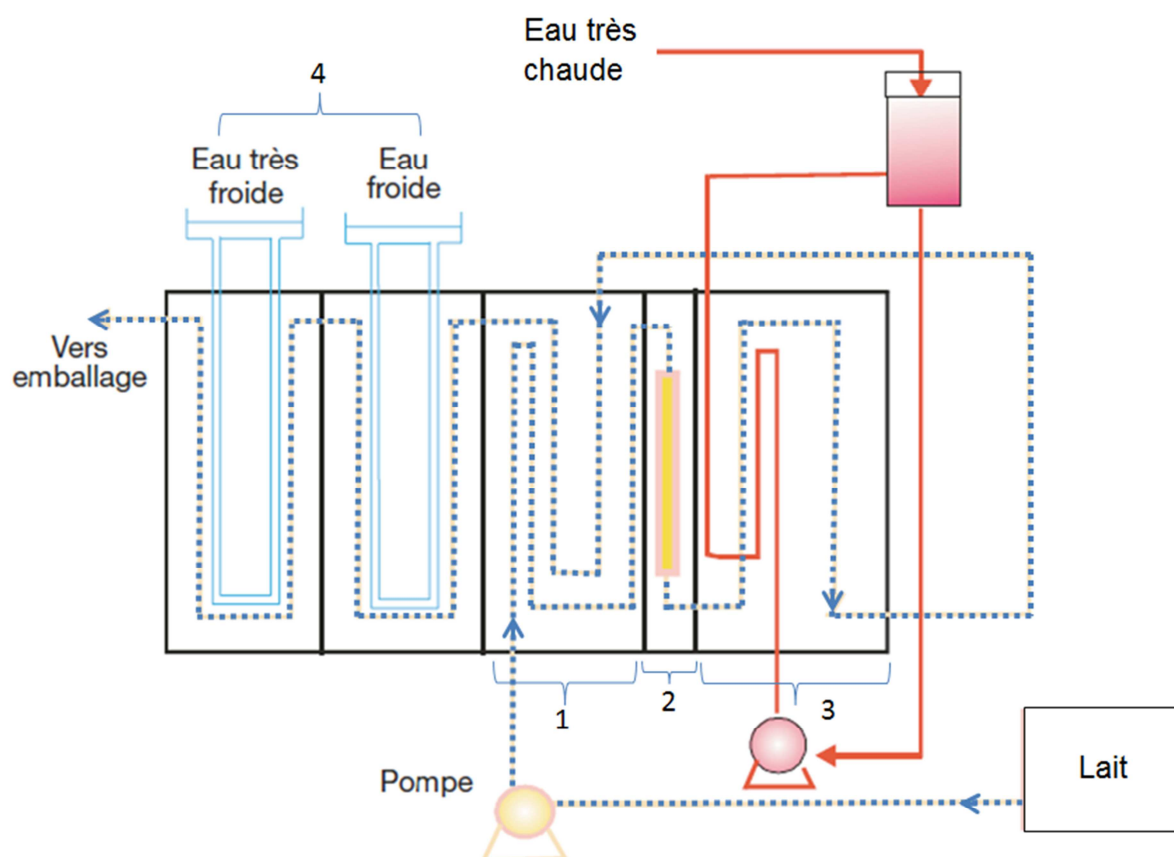
Facteurs	Exigences
pH	> 6,5
Degré d'acidité	Max. 7,5 °SH
Réductase	Au moins 4h temps de réduction
Goût et apparence	Pur, naturel
Pas d'ajout d'eau	Point de congélation - 0,520 °C
Teneur en matière grasse	Au moins 36 g.kg <sup>-1</sup>



### A.2. Notice technique du pasteurisateur à plaques

1 : Récupérateur de chaleur.  
 2 : Chambre : sert à maintenir le lait à sa température de pasteurisation

3 : Compartiment de chauffage.  
 4 : Refroidisseur.



<b>DESCRIPTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Échangeur à plaques avec système de chauffage électrique intégré.</li> <li>- Alimentation électrique : 400 V - 50 Hz, 3 phases + terre.</li> <li>- Puissance 32 kW.</li> <li>- Carrosserie inox 304 l. Entrée/Sortie produit sur le côté.</li> <li>- Échangeur 3 sections à plaques inox.</li> <li>- Temps de chambrage 30 s.</li> <li>- Enregistreur graphique.</li> </ul>
<b>CAPACITE HORAIRE</b>	Le pasteurisateur peut traiter 1250 L.h <sup>-1</sup>

## 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.
- 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.
  - 1.2.2. À débit constant, comment évolue la vitesse du liquide quand la section de la canalisation augmente ?
- 1.3. À l'aide du document B1, montrer que la section de la canalisation doit être supérieure ou égale à  $S = 7,8 \text{ cm}^2$ .
- 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 :  $S = \pi \times R^2$ .

### 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.
- 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 :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .*
  - 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 ?

### 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.

- 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  $1,013 \cdot 10^5$  Pa) libère 1L de dioxygène.

- 3.2.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction de l'eau oxygénée sur elle-même.
- 3.2.2. Calculer les quantités de matière (en mol) de dioxygène formé et d'eau oxygénée s'étant décomposée.
- 3.2.3. Calculer le titre en eau oxygénée (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) du désinfectant.

Données :

*Volume molaire dans les conditions de l'expérience :  $24 \text{ L.mol}^{-1}$ ;*

*Masses molaires atomiques :  $\text{H} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $\text{O} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$*

## ANNEXE B

### **B.1. Contraintes de remplissage de la cuve :**

Pour remplir la cuve, en fonctionnement optimal le lait circule dans les tuyauteries avec un débit de  $1,4 \text{ L.s}^{-1}$ .

Le lait ne doit pas circuler dans les canalisations à une vitesse supérieure à  $1,8 \text{ m.s}^{-1}$  afin d'éviter les frottements trop élevés entre le lait et les parois de la canalisation qui pourraient entraîner la formation de dépôts de matière organique.

### **B.2. Notice technique pour le réglage du poste de radiographie :**

Tension (en kV)	Fréquence (en Hz)	Épaisseur mesurable (en mm)		
		Béton	Acier inoxydable	Plomb
20	$4,84 \times 10^{18}$	7	0,7	0,2
50	$1,21 \times 10^{19}$	18	1,8	0,4
100	$2,42 \times 10^{19}$	28	7,0	0,7
120	$2,57 \times 10^{19}$	31	16	2,1

### **B.3. Énergie d'un photon et longueur d'onde :**

#### **Énergie d'un photon :**

L'énergie d'un photon (en Joule) est égale au produit de la constante de Planck par la fréquence  $\nu$  (en Hertz).

Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ .

### **B.4. Différents désinfectants**

<b>Eau chaude à 82°C pendant 20 min.</b>	Avantages : pas de résidus, pas cher, efficace.
	Inconvénients : abime, dépôt de calcaire, la température baisse rapidement.
<b>Acide Péracétique.</b>	Avantages : très efficace même à froid, pas de résidus.
	Inconvénients : explosif et corrosif pur.
<b>Eau oxygénée.</b>	Avantages : pas de résidus.
	Inconvénients : efficace seulement à chaud, péremption rapide.
<b>Sels d'ammonium quaternaire.</b>	Avantages : non corrosif, peu toxique.
	Inconvénients : trop peu efficace, interdit en laiterie car très difficile à bien rincer.



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

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

- 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.

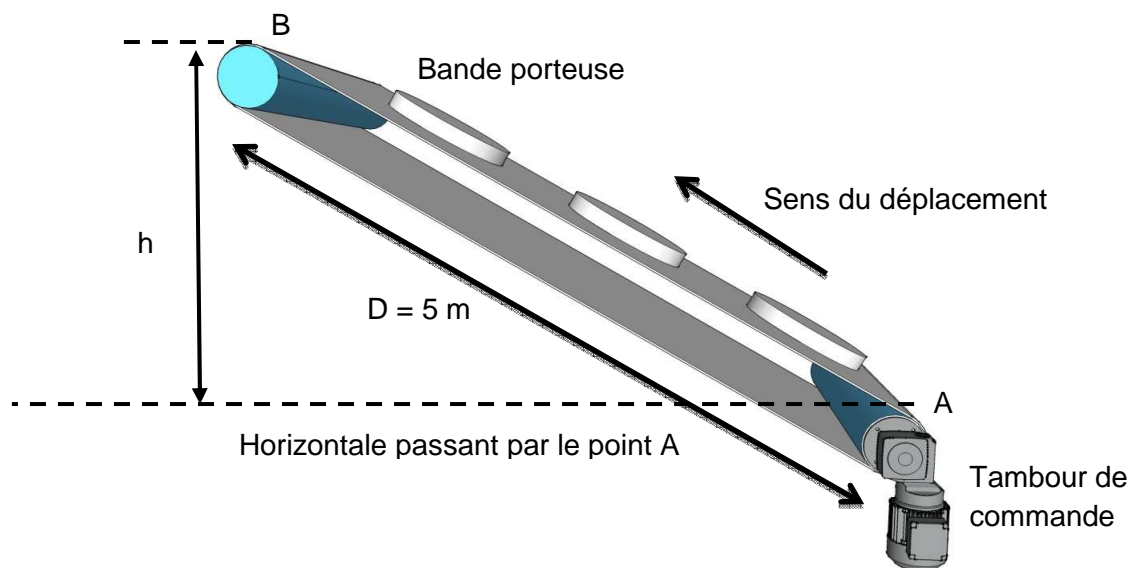
Pour un système en rotation à la vitesse angulaire  $\omega$  (en  $\text{rad.s}^{-1}$ ) autour d'un axe fixe, la puissance  $P$  (en watt) développée par un couple de forces est égale au produit du moment du couple  $C$  (en  $\text{N.m}$ ) et de la vitesse angulaire.

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**.

## ANNEXE C

### C.1. Schéma du dispositif et données techniques :

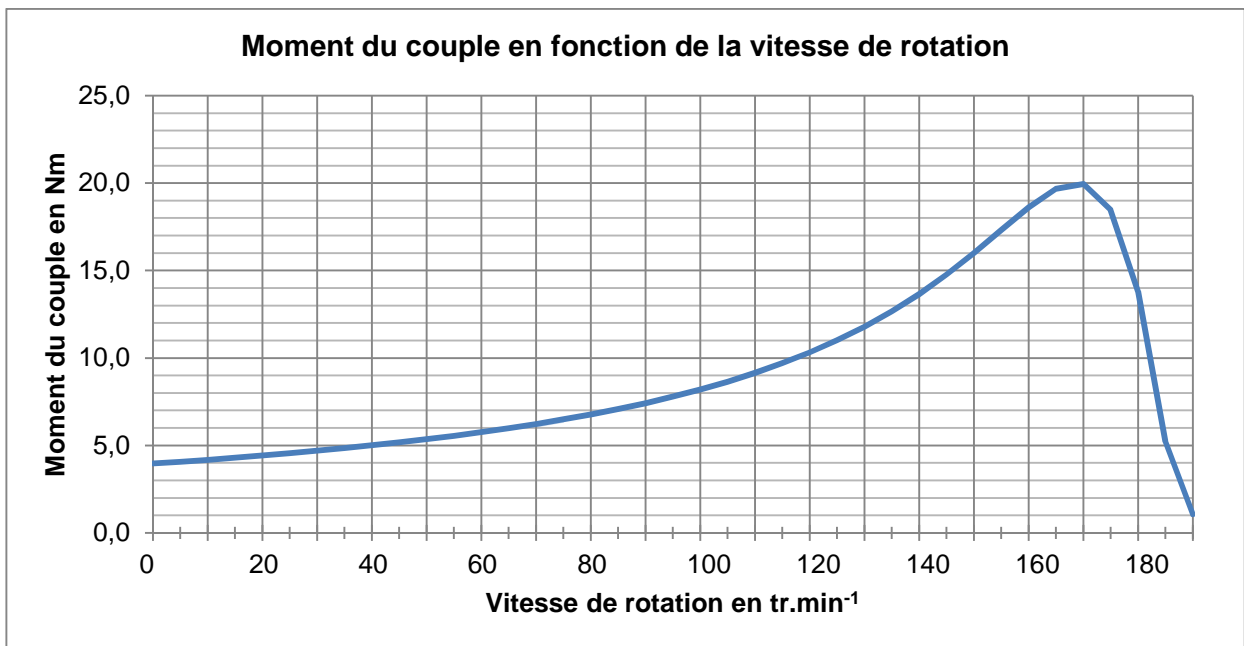


Inclinaison du plateau par rapport à l'horizontale : 30°	Diamètre du tambour de commande : 11,2 cm
Distance parcourue : D = AB = 5 m	Diamètre du fromage : 20 cm
Temps de transfert : 4,78 s	Masse d'un fromage : 700 g

### C.2. Vitesse linéaire et vitesse angulaire :

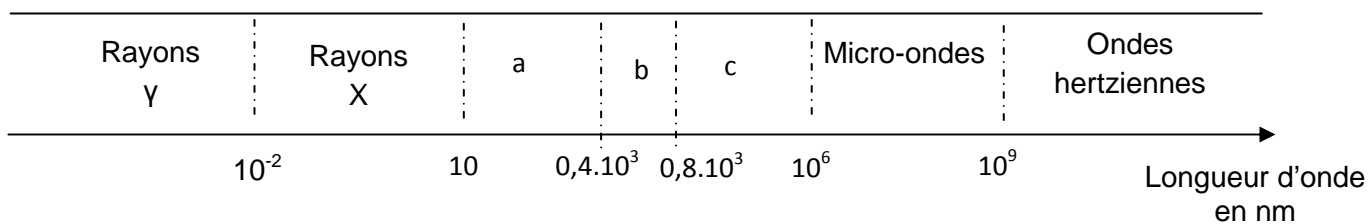
La vitesse linéaire  $v$  et la vitesse angulaire  $\omega$  d'un solide de rayon  $R$  en rotation sont reliées par la relation  $v = R \times \omega$ .

**C.3. Moment du couple moteur du tambour de commande en fonction de la vitesse de rotation :**



# DOCUMENT REPONSE à rendre avec la copie

## R.1. Domaine des ondes électromagnétiques :

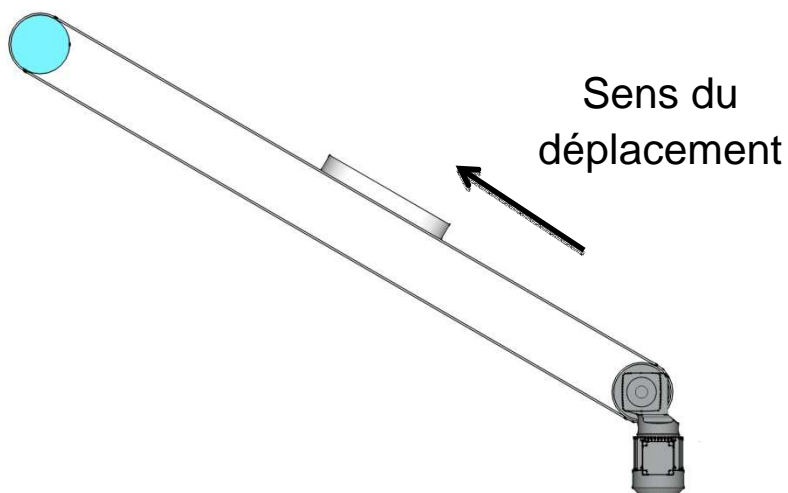


a : .....

b : .....

c : .....

## R.2. Schéma plan incliné + fromage



## R.3. Bilan énergétique :

