

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**  
**G6 PHYSIQUE-CHIMIE**

Série : STAV

*Durée : 120 minutes*

---

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **calculatrice**

---

Le sujet comporte **8** pages

---

**Partie A : Réfrigération et conservation du lait dans une exploitation..... 10 points**

**Partie B : Fraîcheur du lait ..... 10 points**

---

*L'annexe A est à rendre avec la copie après avoir été numérotée*

---

**SUJET**

**Conservation et fraîcheur du lait**

Le lait est un aliment dont les propriétés nutritionnelles peuvent être altérées par de mauvaises conditions de conservation. De nombreux procédés ont été développés tout au long de la chaîne de production pour préserver ses qualités et contrôler sa composition.

**PARTIE A – Réfrigération et conservation du lait dans une exploitation (10 points)**

La conservation du lait implique de le refroidir dès la traite, c'est pourquoi l'utilisation du tank à lait s'est développée dans la seconde moitié du vingtième siècle dans les exploitations agricoles. Des caractéristiques des tanks à lait sont données dans le **document A1**.

**A.1. Isolation de la cuve**

Pour limiter la consommation du circuit de refroidissement et maintenir le lait à température constante, la cuve du tank doit être parfaitement isolée.

**A.1.1.** Citer le mode de transfert thermique principal entre le lait et la cuve.

**A.1.2.** Identifier, à l'aide du **schéma 1** du **document A1**, les éléments permettant de limiter ces transferts.

Le choix de l'isolant de la double paroi est important.

**A.1.3.** Choisir, à l'aide du **document A2**, le matériau le plus approprié. Justifier.

## A.2. Refroidissement du lait

Une exploitation agricole, située en moyenne montagne, possède un cheptel de 60 vaches. Lors de la traite, le lait est introduit dans la cuve à 35,0 °C et doit être refroidi à 4,0 °C en deux heures. Chaque vache de ce cheptel produit en moyenne 25 L par jour.

**A.2.1.** Montrer que la variation d'énergie interne du lait récolté en une journée pendant son refroidissement est de l'ordre de  $\Delta U = 182$  MJ.

**A.2.2.** Calculer la puissance électrique minimale nécessaire à ce refroidissement.

### Données :

Variation d'énergie interne :  $\Delta U = m \times c \times (\theta_{\text{finale}} - \theta_{\text{initiale}})$

avec  $\Delta U$  en J,  $m$  en kg et  $\theta$  en °C.

Capacité thermique massique du lait :  $c_{\text{lait}} = 3,80 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

Masse volumique du lait :  $\rho = 1,03 \text{ kg.L}^{-1}$

Relation entre l'énergie  $E$  et la puissance  $P$  :  $E = P \times \Delta t$ .

En réalité, la puissance électrique consommée par le tank est beaucoup plus importante.

**A.2.3.** À l'aide des documents fournis, expliquer pourquoi.

## A.3. Choix d'un tank à lait

L'exploitant agricole envisage le remplacement de son tank à lait. Étant situé en bout du réseau électrique, l'exploitation est parfois soumise à des coupures électriques et dispose d'une faible puissance d'alimentation.

Dresser un tableau comparatif des deux systèmes présentés dans le **document A1** et proposer à cet exploitant le modèle adapté à sa situation.

Tout élément, même partiel, de raisonnement cohérent sera pris en compte.

## DOCUMENT A1 : Les tanks à lait

Un tank réfrigéré comporte principalement deux parties :

- une cuve isolée à double paroi servant d'échangeur thermique entre le lait et un circuit de réfrigération dans lequel un agitateur assure l'homogénéisation de la température du lait et une bonne répartition de la matière grasse sous le contrôle d'un thermostat ;
- une machine frigorifique permettant la réfrigération.

La réfrigération doit intervenir le plus rapidement possible. Dès que la traite d'une vache est terminée, le lait doit être versé dans la cuve. Lorsque l'ensemble du lait "chaud" est versé en une seule fois, il doit être réfrigéré au plus à 4°C en deux heures au maximum, quelle que soit la température ambiante.

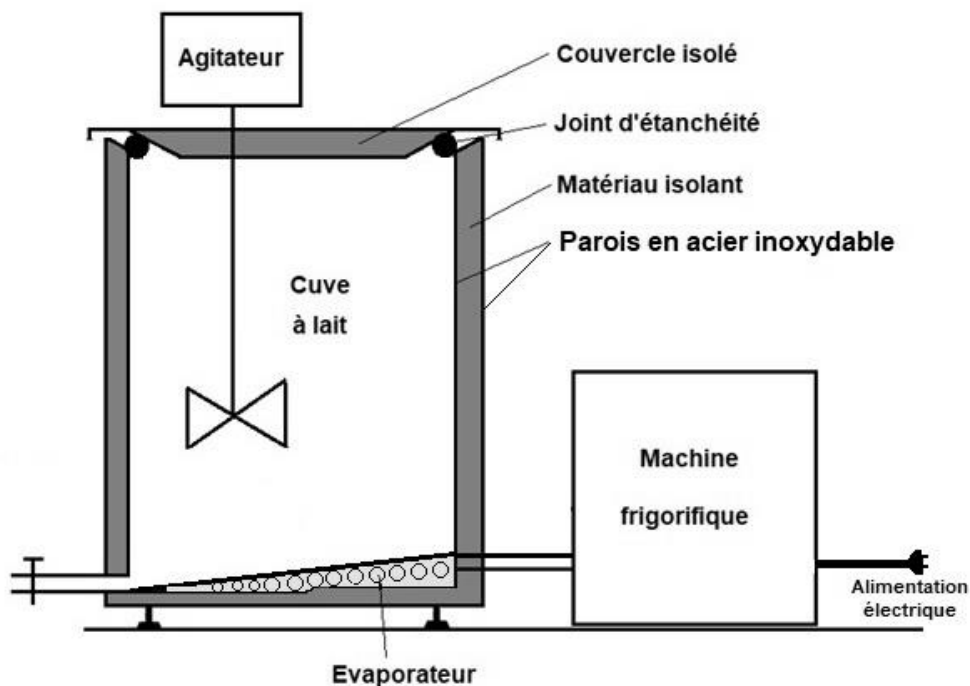
La principale qualité de la cuve réside dans sa capacité à isoler le lait du milieu extérieur.

Il existe principalement deux types d'appareils : les appareils à détente directe qui fonctionnent à chaque apport de lait chaud et les appareils à accumulation de glace qui fonctionnent en continu.

### **Systeme à détente directe**

Dans ce système l'évaporateur du groupe frigorifique est placé dans la double paroi de la cuve.

En principe le compresseur ne fonctionne qu'au moment de la réfrigération et, si nécessaire, pour maintenir la température de conservation. De ce fait, sa consommation d'énergie électrique est limitée. Mais à capacité égale, sa puissance doit être plus forte que dans le cas de l'accumulation de glace. Pour cette raison, l'installation d'un tank à détente directe convient mal lorsque l'alimentation en électricité est faible et que son fonctionnement coïncide souvent avec les pointes de consommation du matin et du soir, entraînant une surcharge des lignes électriques.



**Schéma 1**

### Systeme indirect (accumulation de glace)

Le transfert de chaleur du lait à l'élément producteur de froid se fait par l'intermédiaire d'un fluide inclus dans la double paroi du tank. Ce fluide est généralement de l'eau dans laquelle est immergé l'évaporateur et sur lequel il peut y avoir formation de glace.

Pour une même capacité de réfrigération, le compresseur fonctionne plus longtemps par rapport à un système direct, mais sa puissance est moins élevée. Il consomme plus d'énergie électrique mais admet une alimentation plus faible. L'accumulation de glace peut se faire en grande partie, sinon totalement, pendant les périodes où la demande en électricité est la moins forte, c'est-à-dire généralement la nuit. On peut aussi profiter des tarifs réduits dites "d'heures creuses".

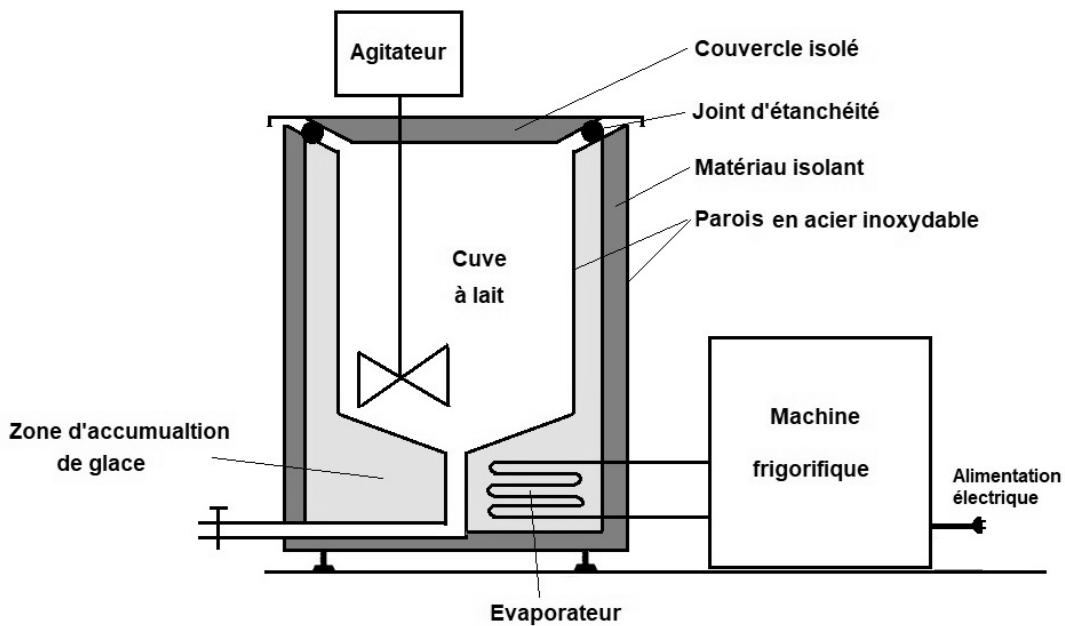


Schéma 2

### Puissance électrique des deux types de tanks réfrigérés

Puissance du groupe frigorifique (W par litre)	
Détente directe	Accumulation de glace
240 à 1 700	150 à 1 100

D'après : <http://www.fao.org/3/x6550f/X6550F03.htm>

**DOCUMENT A2 : Conductivité thermique de matériaux**

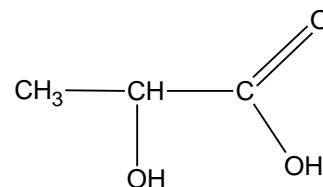
<b>Rang</b>	<b>Matériau</b>	<b>Conductivité (W/m.K)</b>
1	Polyuréthane	0,022
2	Polystyrène extrudé	0,04
3	Laine de verre	0,04
4	Polystyrène expansé	0,04
5	Laine de roche	0,044
6	Liège	0,05
7	Laine de bois	0,10
8	Acier	50
9	Aluminium	230
10	Cuivre	380

## PARTIE B – Fraîcheur du lait (10 points)

Un lait frais contient très peu d'acide lactique. En vieillissant, le lactose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) présent naturellement dans le lait se transforme lentement en acide lactique, de formule  $C_3H_6O_3$ , par hydrolyse sous l'action de bactéries. Ainsi moins un lait est frais, plus son acidité est grande. La mesure de l'acidité d'un lait permet d'évaluer sa fraîcheur.

### B.1. L'acide lactique

La formule semi-développée de l'acide lactique est donnée ci-dessous :



**B.1.1.** Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du lactose en acide lactique en utilisant les formules brutes.

**B.1.2.** Recopier la formule de l'acide lactique en entourant et nommant les fonctions organiques présentes dans ce composé.

### B.2. Détermination de la fraîcheur d'un lait

Les professionnels du lait expriment l'acidité « titrable » du lait en degré Dornic. Un degré Dornic, qui s'écrit 1°D, correspond à la présence de 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait est frais si son acidité titrable est comprise entre 15 à 18 °D.

Pour déterminer la concentration en quantité de matière  $C_A$  (en  $\text{mol.L}^{-1}$ ) de l'acide lactique présent dans un échantillon, on réalise un dosage colorimétrique dont le protocole est donné dans le **document B**.

L'équation de la réaction du titrage est  $\text{HO}^- + \text{CH}_3\text{CHOH-COOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{CHOH-COO}^-$

**B.2.1.** Nommer la verrerie utilisée pour prélever le volume  $V_A = 50,0$  mL de lait.

**B.2.2.** Légender le schéma du montage donné en **annexe A (à compléter, numéroter et à rendre avec la copie)**.

**B.2.3.** Nommer les équipements de protection nécessaires à la manipulation de l'hydroxyde de sodium en toute sécurité.

**B.2.4.** Préciser la gestion de l'excès de la solution d'hydroxyde de sodium.

**B.2.5.** Montrer la relation :  $C_A = \frac{C_B \times V_{BE}}{V_A}$ .

Le dosage d'un lait est effectué dans un laboratoire. Le technicien obtient un volume de solution d'hydroxyde de sodium  $V_{BE} = 9,5$  mL pour l'équivalence.

**B.2.6.** Montrer que le lait dosé est frais.

La démarche suivie et la qualité de la rédaction sont évaluées. Tout élément même partiel de raisonnement cohérent sera pris en compte.

## **DOCUMENT B : Protocole du dosage colorimétrique**

Dans deux erlenmeyers, préparer deux solutions identiques contenant 50,0 mL de lait dans chaque erlenmeyer.

Ajouter deux gouttes de rouge neutre à chaque solution.

Préparer une burette graduée à l'aide de la solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Effectuer le titrage d'une des deux solutions, l'autre servira de témoin.

L'équivalence est repérée lorsque le rouge neutre change de couleur : le virage est perceptible par comparaison avec la solution témoin.

Faire un dosage rapide puis deux dosages précis et concordants.

Relever le volume à l'équivalence.

Calculer la moyenne  $V_{BE}$  des deux résultats précis.

**Données** :  $M$  (acide lactique) =  $90 \text{ g.mol}^{-1}$

Pictogramme de l'hydroxyde de sodium :



**NOM :**

**EXAMEN :**

(EN MAJUSCULES)

**Prénoms :**

Spécialité ou Option :

**EPREUVE :**

**Date de naissance :**

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire

**ANNEXE A (à compléter, numéroter et à rendre avec la copie)**

N° ne rien inscrire

**Question B2.2**

Schéma du montage réactionnel du dosage colorimétrique du lait

