

SESSION 2014

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE-CHIMIE

STL
Spécialité Biotechnologies

Temps alloué : 3 heures

Coefficient : 4

La calculatrice (conforme à la circulaire N° 99-186 du 16-11-99) est autorisée.

**Ce sujet comporte 15 pages.
Les pages 14/15 et 15/15 sont à rendre avec la copie**

DE LA LAITERIE AU LAIT RADIOACTIF

L'industrie laitière est la deuxième industrie agroalimentaire en France.

Le lait, aliment naturel par excellence, fut de tout temps un symbole de fertilité, de richesse et d'abondance. Chaque année 22,2 milliards de litres de lait sont collectés en France et la consommation moyenne française de lait, sous forme liquide, est de 60 litres par habitant et par an.

Ce sujet propose d'étudier différents points de la chaîne de collecte et de traitement d'un lait ainsi que les conséquences du point de vue radioactif de l'accident de Fukushima sur ce produit.

- Partie A : consommation électrique de la laiterie (3,25 points).
- Partie B : déplacement d'échantillons de lait à l'aide d'un mini-convoyeur (7,5 points).
- Partie C : contrôle et analyse des échantillons de lait (4 points).
- Partie D : radioactivité du lait à la suite de l'accident de Fukushima (5,25 points).

Le sujet comporte quatre parties A, B, C et D qui sont indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions et vous rendrez les documents réponses (pages 14 et 15) avec votre copie.

Partie A : consommation électrique de la laiterie (3,25 points)

Afin d'aider les exploitations agricoles à réaliser des économies d'énergie, l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), l'institut des élevages et les chambres régionales d'agriculture ont conduit une étude sur les niveaux de consommation d'énergie des bâtiments d'élevage laitier.

Les documents (A1) et (A2) utiles à la réflexion sont présentés en annexe A, page 3.

A.1 Équipements électriques présents dans les laiteries

Les équipements électriques sont multiples. L'essentiel de ces équipements est lié au bloc « traite » :

- le tank (ou réservoir) à lait qui permet le refroidissement du lait et son stockage,
- le chauffe-eau,
- l'éclairage du bloc traite,
- les équipements de nettoyage,
- les autres postes...

A.1.1 À partir du document (A1), nommer la grandeur physique à laquelle se rapporte le terme « consommation ».

A.1.2 Donner la relation reliant les grandeurs : puissance P , énergie E mise en jeu durant Δt et en indiquant pour chacune l'unité dans le système international d'unités.

A.1.3 À l'aide des documents (A1) et (A2), calculer la consommation électrique moyenne annuelle du tank ramenée à une vache laitière.

A.2 Refroidissement du lait

Le refroidissement du lait et son stockage ont lieu dans le tank (ou réservoir) à lait. Lorsque la température du lait varie d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f , l'énergie échangée sous forme de chaleur Q par le lait avec le tank est égale à la variation de son énergie interne ΔU . On a la relation suivante :

$$Q = \Delta U = m_{\text{lait}} \cdot C_{\text{lait}} \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

A.2.1 Calculer l'énergie échangée sous forme thermique avec le tank pour 300 litres de lait de masse 310 kg quand ils passent de la température initiale θ_i à la température finale θ_f .

Données : $\theta_i = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\theta_f = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $C_{\text{lait}} = 3,8 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, $1 \text{ kW.h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$

A.2.2 Calculer la valeur de cette quantité de chaleur en kW.h.

A.2.3 Vérifier que pour une durée de fonctionnement de $\Delta t = 4,0 \text{ h}$, la puissance mise en jeu est $P = 2,5 \text{ kW}$.

ANNEXE A : Consommation électrique de la laiterie

Le relevé précis des puissances et du temps de fonctionnement de chacun des équipements permet d'évaluer la consommation pour l'ensemble des postes à l'exception du tank. En effet, la consommation du tank est liée à la température du lait, aux conditions climatiques, à l'aménagement de la laiterie, et ne peut être connue avec précision qu'au moyen d'enregistrements spécifiques. La consommation du tank est donc calculée par différence entre la consommation totale et celle des autres postes.

La consommation électrique moyenne annuelle de l'ensemble des postes représente 420 kW.h par vache laitière en production.

Extrait de l'ouvrage consommation d'énergie en bâtiments d'élevage laitier élaboré par les chambres d'agriculture, l'institut d'élevage et l'ADEME

A1 – Le bloc traite, premier poste de consommation

	Consommation en kW.h par vache laitière
Tank	
Chauffe-eau	120
Pompe à vide	68
Eclairage	10
Nettoyage du sol et parois	8
Puits ou forage	14
Pompe à lait	3
Autres équipements	11
Divers	21
Total	420

Extrait de l'ouvrage consommation d'énergie en bâtiments d'élevage laitier élaboré par les chambres d'agriculture, l'institut d'élevage et l'ADEME.

A2 – Consommation des différents postes

Partie B : déplacement d'échantillons de lait à l'aide d'un mini-convoyeur (7,5 points)

Après refroidissement et traitements biologiques spécifiques à la conservation, des échantillons de lait sont prélevés afin d'être analysés et contrôlés. Les pots contenant ces échantillons sont déplacés à l'aide d'un tapis roulant appelé mini-convoyeur (voir document (B1) de l'annexe B, page 6).

Une gamme de mini-convoyeurs développée afin de proposer une solution immédiate au transport de petits produits est présentée sur le document (B2) de l'annexe B, page 6.

L'appareil utilisé dans ce bâtiment a pour référence : FR 40-160.

B.1 Analyse électrique

Des moteurs à courant continu équipent les mini-convoyeurs et assurent des performances optimales.

B.1.1 À partir du document (B2), préciser la valeur de la tension d'alimentation U pour le mini-convoyeur installé, et celle de la puissance P absorbée par le moteur.

B.1.2 Pour le type de moteur utilisé, donner la relation liant les grandeurs P et U précédentes, à l'intensité I du courant. Indiquer leurs unités dans le système international.

B.1.3 Calculer la valeur de l'intensité I du courant.

B.2 Analyse énergétique

Le moteur électrique est un convertisseur d'énergie.

Le document-réponse (DR1) page 14, présente le diagramme de la chaîne énergétique du moteur électrique.

B.2.1 Compléter le document-réponse (DR1) page 14, à rendre avec la copie, en précisant sur le diagramme de la chaîne énergétique, les types d'énergie mis en jeu.

B.2.2 Le rendement $\eta = \frac{P_{\text{méca}}}{P_{\text{élec}}}$ de ce type de moteur est de 95 %. Exprimer puis calculer la puissance mécanique $P_{\text{méca}}$ disponible.

B.3 Mise en mouvement de la bande du tapis roulant du mini-convoyeur.

La bande du tapis roulant est mise en mouvement par le moteur électrique précédent.

B.3.1 En utilisant le document (B2), pour une charge de 30 N, indiquer la valeur v de la vitesse linéaire du tapis.

B.3.2 Calculer la valeur de cette vitesse en m.s^{-1} .

Le tapis est entraîné par des galets de rayon $R = 2,0 \text{ cm}$ tournant à la vitesse angulaire ω .

B.3.3 Exprimer ω en fonction de v et de R , puis calculer sa valeur.

B.4 Analyse mécanique

Un pot contenant l'échantillon de lait est présent sur ce tapis. Le tapis est incliné conformément au document (B3) de l'annexe B, page 6.

Dans un premier temps, le tapis est immobile.

B.4.1 Réaliser l'inventaire des forces s'exerçant sur le pot.

Sur le document-réponse (DR2) page 14, à rendre avec la copie, représenter ces forces (sans tenir compte de l'échelle).

B.4.2 Quelle relation vectorielle existe-t-il entre ces différentes forces ? Justifier la réponse.

B.5. Gestion des fluides

Les échantillons de lait, non conformes aux analyses, sont stockés dans une cuve.

L'évacuation de ces déchets de lait est réalisée vers une canalisation extérieure par l'intermédiaire d'un tuyau de section $S = 5,00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, placé en bas de la cuve.

Le temps nécessaire à la vidange d'un volume $V = 120 \text{ L}$ est de $\Delta t = 10,0 \text{ minutes}$.

B.5.1 Exprimer le débit volumique Q_v en fonction de V et Δt , puis le calculer en l'exprimant en L.min^{-1} , puis en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$.

B.5.2 Exprimer la vitesse d'évacuation du lait en sortie du tuyau, notée v_{lait} , puis la calculer en m.s^{-1} .

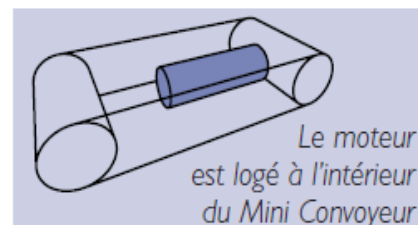
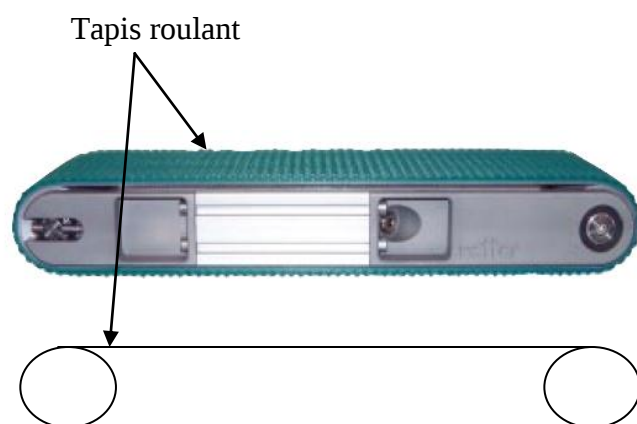
Quand la cuve est pleine, la hauteur de lait est de $1,50 \text{ m}$.

B.5.3 Citer le principe fondamental de l'hydrostatique permettant d'exprimer la variation de pression ΔP entre le haut et le bas de la cuve, en fonction de la masse volumique du lait ρ_{lait} , de la hauteur de lait h_{lait} et de l'intensité de la pesanteur g .

Calculer cette variation de pression ΔP .

Données :	$\rho_{\text{lait}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$	$g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$
-----------	---	-----------------------------

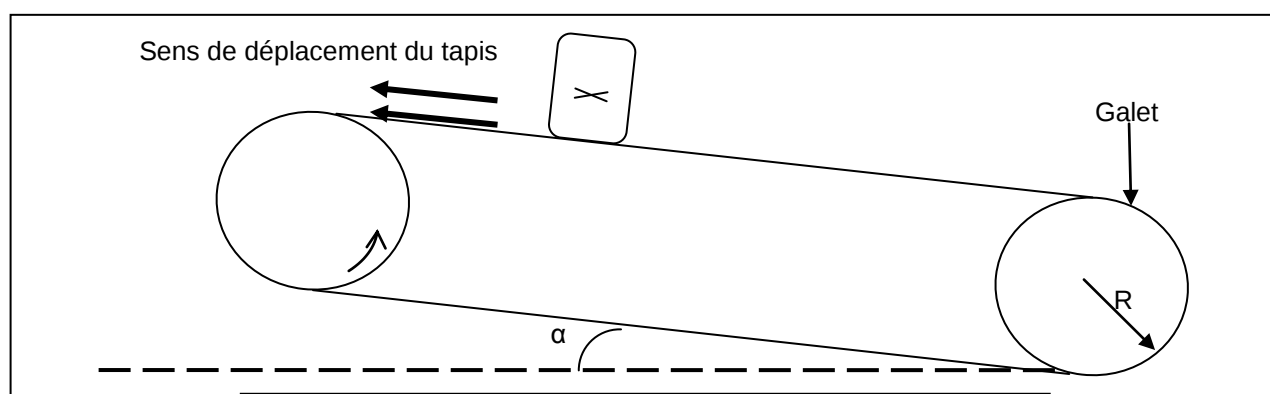
ANNEXE B : Déplacement d'échantillons de lait à l'aide d'un mini-convoyeur



B1 – Photo et schématisation du mini-convoyeur

Référence	Tension (V)	Puissance absorbée (W)	Vitesse linéaire				
			Charge maximale				
FR 20-40 E	24		8,0 m/min 2 N	3,0 m/min 5 N	2,0 m/min 10 N		
FR 30-60	24	9	9,0 m/min 10 N	3,0 m/min 30 N	2,0 m/min 30 N	1,0 m/min 50 N	0,5 m/min 50 N
FR 40-80	24	12	8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N
ZR 40-80	24	12	9,0 m/min 30 N	3,0 m/min 50 N	2,0 m/min 50 N	1,0 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N
FR 40-120	24	12	8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N
ZR 40-120	24	12	9,0 m/min 30 N	3,0 m/min 50 N	2,0 m/min 50 N	1,0 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N
FR 40-160	24	36	8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N

B2 – Documentation technique de différents mini-convoyeurs



B3 – Schématisation technique du mini-convoyeur

Partie C : contrôle et analyse des échantillons de lait (4 points)

L'état de fraîcheur d'un lait est contrôlé en mesurant son acidité totale en acide lactique. En effet, un lait frais ne contient pas d'acide lactique, mais au cours du temps les bactéries lactiques présentes dans le lait provoquent la transformation d'une partie du lactose en acide lactique. Le lait devient alors de plus en plus acide.

L'acide lactique a pour formule : $\text{CH}_3\text{--CHOH--COOH}$.

Les documents utiles à la réflexion sont présentés en annexe C pages 9 et 10.

C.1 Détermination de la concentration en acide lactique

Un dosage suivi par pH-métrie est réalisé sur un échantillon de lait. Le réactif titrant utilisé est une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}, \text{HO}^-_{(\text{aq})}$), de concentration c_b égale à $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$.

C.1.1 Donner la définition d'un acide.

C.1.2 À l'aide de la fiche de sécurité de l'hydroxyde de sodium, document (C1), préciser les équipements de protection individuels (E.P.I.) à utiliser pour manipuler ce réactif.

C.1.3 Écrire l'équation de la réaction entre l'acide lactique et l'hydroxyde de sodium en solution.

Données :

Couples acido-basiques $\text{CH}_3\text{--CHOH--COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{--CHOH--COO}^-_{(\text{aq})}$
 $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} / \text{HO}^-_{(\text{aq})}$

C.2 Incertitude liée au dosage

Afin de s'assurer de la valeur des résultats obtenus, différents dosages sont réalisés sur le même échantillon.

Les mesures de la concentration C en acide lactique trouvées expérimentalement figurent dans le document (C2).

On cherche à donner un encadrement de la valeur de la concentration en acide lactique.

C.2.1 L'étude statistique des résultats est réalisée à l'aide d'un tableur.

À partir du document (C3), donner :

- la valeur moyenne $\bar{C}$ de la concentration,
- la valeur σ de l'écart-type.

L'incertitude associée au mesurage est notée $U(C)$. C'est une grandeur définissant un intervalle autour du résultat de mesurage. Elle est associée à un niveau de confiance. Elle s'exprime sous la forme :

$$U(C) = t_{(n,x\%)} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

avec n le nombre de mesures et $t_{(n,x\%)}$ coefficient de Student .

C.2.2 À l'aide du document (C4), déterminer la valeur de $t_{(n,x\%)}$ pour le nombre n de mesures et un niveau de confiance de 95%.

C.2.3 En déduire la valeur $U(C)$ de l'incertitude associée au mesurage.

L'écriture du résultat de la mesure est :

$$C = \bar{C} \pm U(C)$$

C.2.4 En déduire l'écriture du résultat de la concentration C en précisant l'unité et le niveau de confiance de l'intervalle estimé.

ANNEXE C : Contrôle et analyse des échantillons de lait

Selon le règlement CLP	Solution d'hydroxyde de sodium	à 10 mol.L ⁻¹
	Pictogramme de danger	
	Mention d'avertissement	Danger
	Mention de danger	H314
	Conseils de prudence	P260 P305 + P361 + P353 P305 + P351 P335 P301 + P 330 + P331 P405 P501

H314 : provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

P260 : ne pas respirer les poussières/fumées/gaz/vapeurs

P305 + P361 + P353 : en cas de contact avec la peau, enlever immédiatement les vêtements contaminés /rincer la peau à l'eau/se doucher

P301 + P 330 + P331 : en cas d'ingestion, rincer la bouche, ne pas faire vomir

P405 : garder sous clé

P501 : éliminer le contenu/récipient conformément à la réglementation

C1 – Extrait de la fiche toxicologique d'une solution d'hydroxyde de sodium à 10 mol.L⁻¹

Essai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C en mmol.L ⁻¹	410	415	420	415	410	410	410	400	415	405

C2 – Résultats expérimentaux des dosages

Nombre de mesures n	Étendue (mmol.L ⁻¹)		Médiane (mmol.L ⁻¹)	Moyenne (mmol.L ⁻¹)	Écart-type (mmol.L ⁻¹)
	Mini	Maxi			
10	400	420	410	411	5,68

C3 – Caractéristiques statistiques de C

Nombre de mesures	Intervalle de confiance		
	90%	95%	98%
2	2,92	4,30	6,96
3	2,35	3,18	4,54
4	2,13	2,78	3,75
5	2,02	2,57	3,36
6	1,94	2,45	3,14
7	1,89	2,36	3,00
8	1,86	2,31	2,90
9	1,83	2,26	2,82
10	1,81	2,23	2,76
12	1,78	2,18	2,68
14	1,76	2,14	2,62
17	1,74	2,11	2,57
20	1,72	2,09	2,53

C4 – Valeurs du coefficient de Student $t_{(n,x\%)}$

Partie D : radioactivité du lait à la suite de l'accident de Fukushima (5,25 points)

D.1 Exploitation d'un article publié sur Internet

Le document (D1) présenté en annexe D page 13, est extrait d'un site Internet ; il traite des conséquences de l'accident de Fukushima sur le lait produit dans d'autres régions du monde.

D.1.1 Le document (D1), concerne un noyau radioactif. Donner son nom et sa notation symbolique, en utilisant le document (D2) présenté en annexe D page 13.

D.1.2 Définir la notion d'isotopie. À l'aide du document (D2), présentant différents nucléides, donner les différents isotopes de l'iode I.

D.2 L'iode 131

L'iode 131 est radioactif β^- .

D.2.1 Donner la notation symbolique et le nom de la particule β^- .

D.2.2 En utilisant le document (D2), écrire l'équation de désintégration de l'iode 131 et préciser la notation symbolique du noyau fils obtenu.

D.3 Évolution au cours du temps

D.3.1 Donner la définition de la demi-vie $t_{1/2}$ (également noté T).

D.3.2 À partir du document (D1), indiquer la valeur de la demi-vie de l'iode 131.

D.3.3 Le document-réponse (DR3) page 15, à rendre avec la copie, représente la courbe de décroissance radioactive de l'iode 131, pour un litre de lait. Indiquer sur ce document :

- le nom et le symbole de la grandeur exprimée en becquerel,
- les durées $t_{1/2}$, $2 t_{1/2}$, $3 t_{1/2}$ (durées également notées T, 2 T et 3 T).

D.3.4 Dédurre de ce graphe, ou d'un raisonnement, la valeur de l'ordonnée exprimée en becquerels, mesurée au bout de 32 jours.

D.4 Absorption du rayonnement par l'organisme humain

Une partie du rayonnement peut être absorbée par l'organisme humain.

La dose d'énergie absorbée D est égale à :

$$D = \frac{E}{m}$$

Avec :

E : énergie transférée en joules (J)

m : masse de matière irradiée (kg)

D : dose d'énergie absorbée

D.4.1 Citer l'unité de mesure de la dose d'énergie absorbée D .

Pour un litre de lait absorbé, un enfant de masse $m = 10$ kg reçoit une énergie $E = 0,0010$ J.

D.4.2 Calculer la dose d'énergie D absorbée par cet enfant.

D.4.3 Citer un risque lié pour l'organisme humain lié à la radioactivité.

ANNEXE D : radioactivité du lait à la suite de l'accident de Fukushima



De l'iode 131 a été détecté dans des échantillons de lait français et américains, rapportent simultanément l'Institut français de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), et l'*Environmental Protection Agency* américaine. Les résultats d'analyses confirment que cet isotope radioactif provient des rejets de la centrale nucléaire de Fukushima. Les doses retrouvées sont toutefois très faibles et non-toxiques.

L'analyse d'échantillons de lait effectuée le 25 mars en Loire-Atlantique par l'IRSN, fait état d'un taux inférieur à 0,11 becquerels par litre (Bq.L^{-1}). Des prélèvements opérés à Spokane, dans l'Etat de Washington, situé sur la côte ouest des Etats-Unis montrent un taux de $0,029 \text{ Bq.L}^{-1}$.

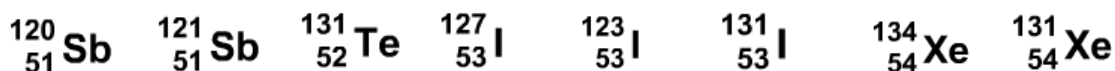
Ces résultats sont supérieurs à la normale, puisqu'en temps ordinaire, aucune trace d'iode 131 ne doit être décelable dans le lait. Ils demeurent toutefois « 5 000 fois inférieurs au taux d'intervention déterminé par la Food and Drug Administration (FDA) », indiquent nos confrères du *New York Times*. Ce seuil à ce jour, est établi à 170 Bq.L^{-1} .

Par ailleurs, précisons que ces doses d'iode 131 restent bien en-deçà des valeurs observées en mai 1986 en France, un mois après l'accident de Tchernobyl. « On avait détecté 100 Bq.L^{-1} dans le lait à cette période », indique Philippe Renaud, chef du Laboratoire d'études radio-écologiques en milieux continental et marin à l'IRSN. Il rappelle également que « le lait est un des aliments les plus sensibles à la contamination radioactive, après les légumes à feuilles. Il est contaminé par le biais de l'herbe chargée d'isotopes radioactifs et consommée par les vaches ».

L'iode 131 a une demi-vie de 8 jours. En d'autres termes, il perd la moitié de sa nocivité sur cette période. Cet isotope radioactif est particulièrement toxique lorsqu'il est absorbé par la thyroïde. En cas d'exposition massive, les autorités sanitaires peuvent demander à la population visée d'absorber un comprimé d'iodure de potassium. Celui-ci sature alors la thyroïde, réduisant ainsi le risque de cancer. En revanche, il est tout à fait déconseillé – et potentiellement dangereux – d'absorber ce comprimé sans y avoir été invité par les autorités.

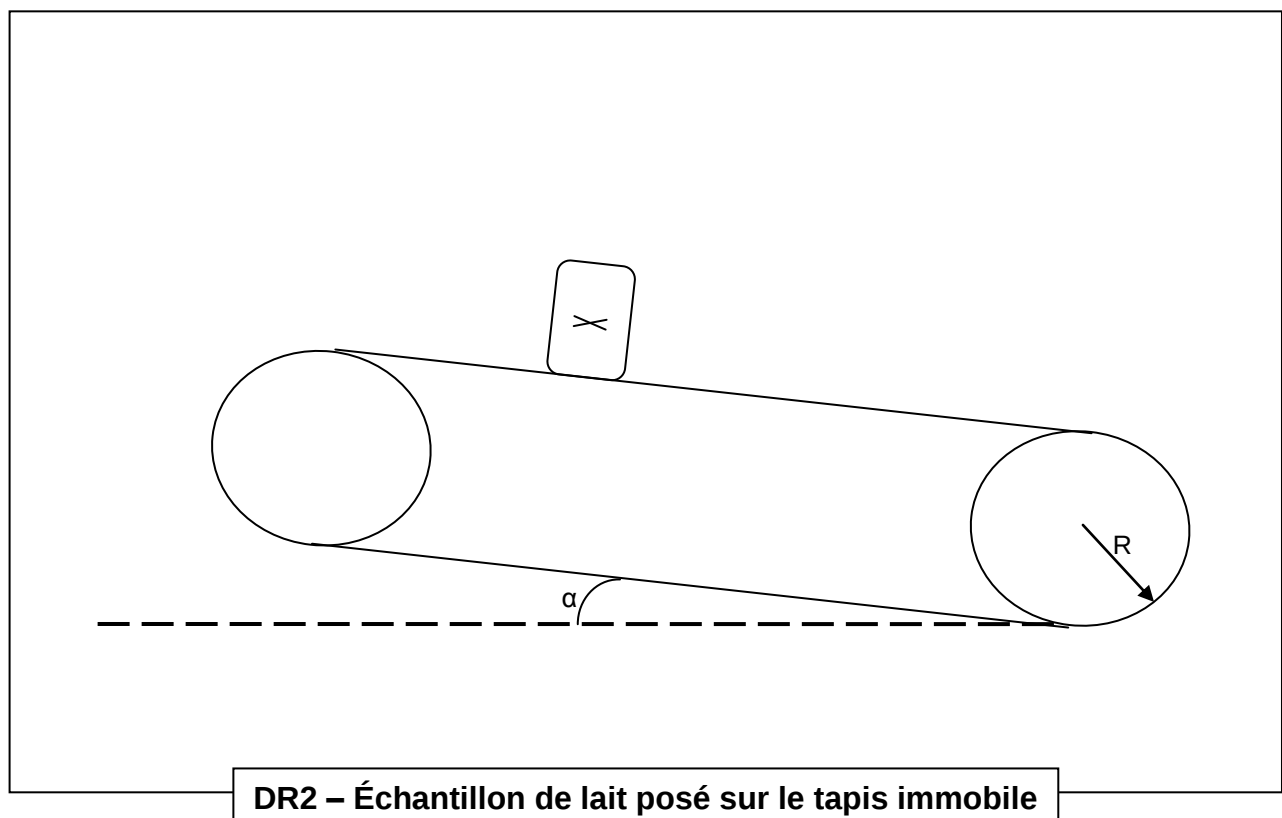
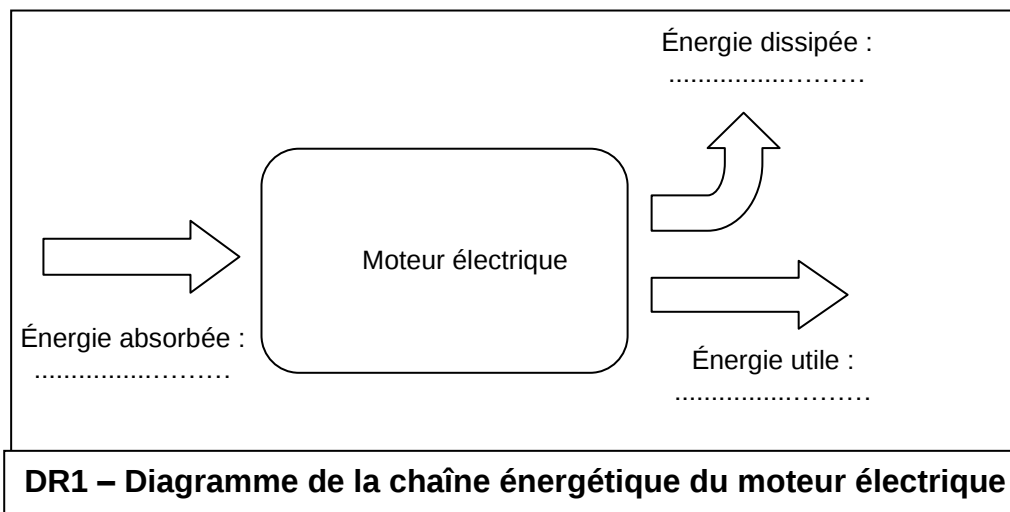
D'après : Interview de Philippe Renaud chef du laboratoire d'études radio-écologiques en milieux continental et marin à l'IRSN, 29 mars 2011 ; IRSN, 29 et 30 mars 2011 ; New York Times, 31 mars 2011

D1 – Article de : DestinationSanté.com



D2 – Représentation symbolique de quelques nucléides

DOCUMENT-RÉPONSE
À RENDRE AVEC LA COPIE



DOCUMENT-RÉPONSE**À RENDRE AVEC LA COPIE**