

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2014

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

La page 12/12 où figure le document réponse est à rendre avec la copie.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

ÉTUDE DU BUS HYBRIDE HEULIEZ TYPE GX327



Certaines agglomérations sont en recherche de moyens de transport en commun alliant économie et faible impact sur l'environnement. Une solution pour ces agglomérations consiste à s'équiper en bus hybrides, même si cette solution prometteuse est toujours en étude expérimentale.

La technologie retenue par **Heuliez Bus** est celle de l'hybride série avec l'option « Stop & Start ». Ce système permet une économie de consommation de carburant et une réduction des émissions de CO₂ (dioxyde de carbone) jusqu'à 30 % ainsi qu'une réduction des émissions de NO_x (oxydes d'azote) de 50 %.

En circulation, le niveau sonore du véhicule est réduit, jusqu'au silence complet aux arrêts, le moteur diesel étant alors éteint par la fonction « Stop & Start ».

PARTIE 1 : étude énergétique sur un déplacement urbain.

PARTIE 2 : étude d'une batterie.

PARTIE 3 : étude de la gestion de la température de l'habitacle conducteur.

PARTIE 4 : élaboration d'une stratégie de nettoyage écologique et efficace.

PARTIE 1- ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE SUR UN DÉPLACEMENT URBAIN.

Renseignements techniques (source constructeur) :

Masse en état de fonctionnement M (véhicule + conducteur) sans les passagers :

$$M = 17500 \text{ kg}$$

ARCHITECTURE HYBRIDE SÉRIE :

Génératrice à démarreur intégré de 200 kW produisant l'électricité pour recharger les batteries et alimenter le moteur électrique ainsi que pour assurer le redémarrage du moteur Diesel pour la fonction « Stop & Start ».

Batteries lithium-ion (11 kW) pour récupérer et stocker l'énergie cinétique au freinage. Elles se rechargent par l'électricité produite par le moteur électrique à la décélération et alimentent le moteur électrique à l'accélération.

Moteur électrique de traction de puissance utile 160 kW continu et 200 kW crête, entraînant l'essieu arrière. La fonction « Stop & Start » coupe le moteur Diesel à l'arrêt du véhicule.

Un système d'acquisition de données a été mis en place dans les autobus hybrides pour enregistrer les données concernant le fonctionnement du groupe motopropulseur ainsi que celles qui ont trait aux conditions d'utilisation des autobus.

On obtient dans un premier temps l'évolution de la vitesse en fonction du temps pour un déplacement entre deux points d'une ligne urbaine sur une durée d'environ 7 minutes (**Document 1 ci-dessous**).

RAPPEL

Énergie cinétique d'un solide en translation

Un solide de masse m animé d'un mouvement de translation à la vitesse v possède une énergie cinétique de translation :

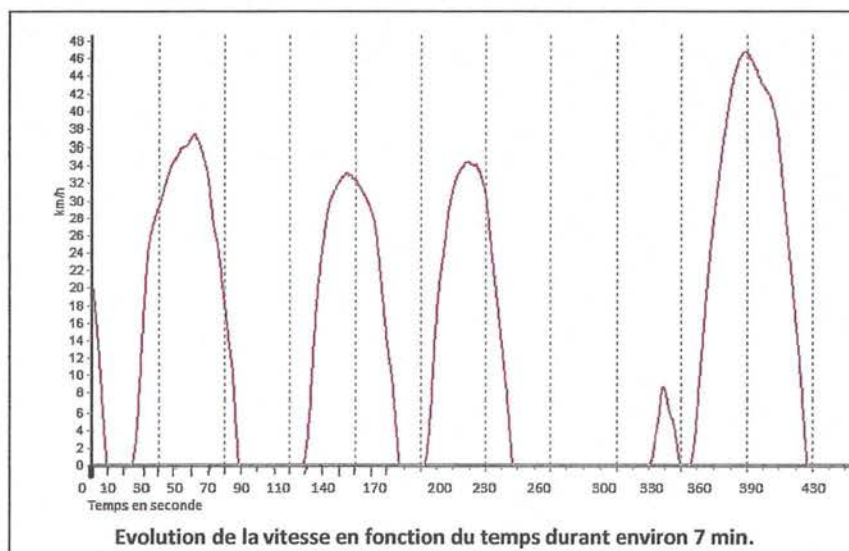
$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$$

Avec

E_c : énergie cinétique en joules (J)

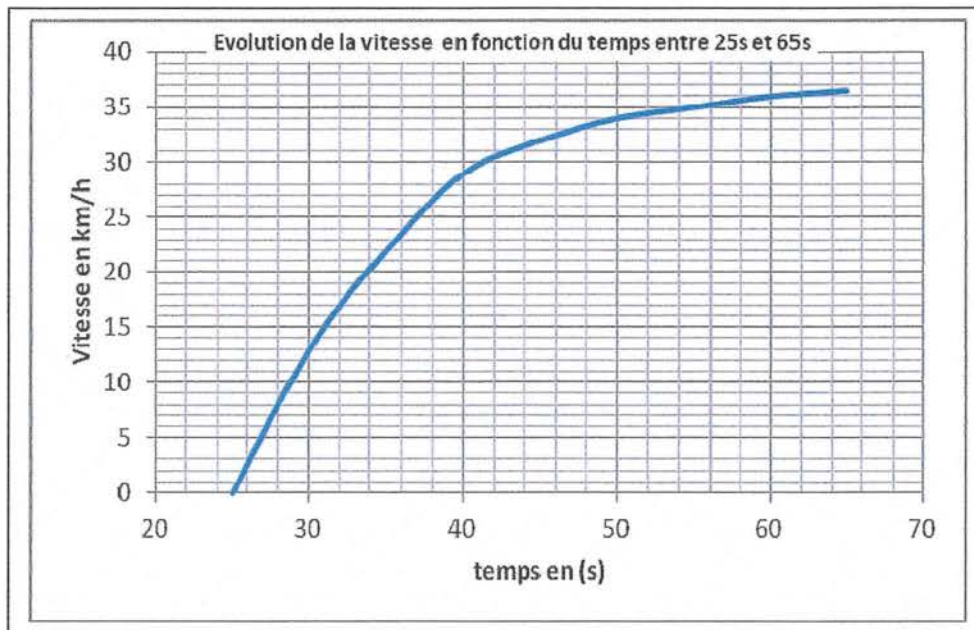
m : masse du solide en kg

v : vitesse du solide en m.s^{-1}



Document 1

- 1-1 Quelles sont les raisons de l'existence des périodes pour lesquelles la vitesse est nulle ?
On considère que **le mouvement du bus est horizontal** entre les dates $t_1 = 25 \text{ s}$ et $t_2 = 65 \text{ s}$.
Le graphe de l'évolution de la vitesse en fonction du temps est donné ci-dessous.



Document 2

- 1-2 L'accélération du bus entre ces deux dates est-elle constante ? Justifier.
- 1-3 Une seule des trois relations suivantes permet le calcul de la valeur de l'accélération, a . Laquelle ?
- 1) $a = \Delta(v) \cdot \Delta(t)$ 2) $a = \frac{\Delta(v)}{\Delta(t)}$ 3) $a = \frac{\Delta(v)}{2 \cdot \Delta(t)}$
- 1-4 On considère que le bus transporte 20 passagers de masse unitaire 70 kg. Calculer la variation d'énergie cinétique de l'ensemble {bus+conducteur+passagers} entre ces deux dates, t_1 et t_2 .
- 1-5 Quel est le travail du poids sur ce trajet ?
- 1-6 On veut évaluer les différents frottements au cours de ce mouvement.
- 1-6-1 Dans un premier temps, on prend en compte le frottement aérodynamique, ou traînée. La traînée est une force qui s'oppose à l'avancement d'un véhicule dans l'air. Elle devient très importante lorsque le déplacement se fait à des vitesses élevées. Son intensité se calcule à partir de la relation suivante.

$$T = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

Avec :
 T : valeur de la traînée en N (Newton)
 C_x : coefficient de traînée (sans unité)
 ρ : masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
 V : vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 S : maître couple en m^2 (correspond à la surface de la projection sur un plan vertical de la face avant)

Le coefficient de traînée C_x vaut, dans notre cas, 0,5. On prend la masse volumique de l'air $\rho_{\text{AIR}} = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$ et la surface (ou maître couple) de la projection du véhicule sur un plan perpendiculaire au déplacement $S = 8,41 \text{ m}^2$.
Quelle est la valeur maximale de la traînée sur ce mouvement ?

- 1-6-2** L'autre force de frottement est la force de contact notée $\vec{F}_c$ (entre l'ensemble des pneus et la chaussée). Elle est définie par la relation ci-dessous :

$$F_c = K.M_T.g$$

Avec : $K = 0,028$ (pneus correctement gonflés)
 M_T : masse totale (en kg)
 $g : 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Calculer son intensité dans les conditions du déplacement.

- 1-7** Au vu des valeurs de ces deux frottements, et en considérant que l'on peut négliger une force par rapport à l'autre si celle-ci est au moins 10 fois plus faible, quel frottement pouvons-nous conserver dans l'étude ?

- 1-8** On étudie ci-dessous le démarrage du bus allant d'une vitesse nulle à celle de 20 km/h.

- 1-8-1** À l'aide du **document 2 page 4/12**, déterminer la durée nécessaire pour atteindre une vitesse de 20 km.h^{-1} .

- 1-8-2** Sur cette durée, on considérera l'accélération constante et égale à $0,60 \text{ m.s}^{-2}$. Évaluer la distance parcourue durant cette phase où la traction est exclusivement électrique. On rappelle que la distance d est donnée par :

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + V_o$$

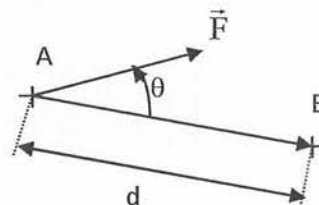
a : accélération (m.s^{-2})
 V_o : vitesse en début de mouvement (m.s^{-1})
 t : temps (s)

- 1-8-3** Sur le **document réponse 1 (DR1) page 12/12**, tracer l'allure du vecteur représentant la force de contact $\vec{F}_c$ et du vecteur représentant la force motrice $\vec{F}_M$.

RAPPEL : travail d'une force constante :

Le travail d'une force, souvent noté W , s'exprime en joule (J). Cette grandeur correspond à l'énergie associée à une force $\vec{F}$ au cours d'un déplacement $\overrightarrow{AB}$ de longueur d .

$$W = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F.d.\cos(\theta)$$



Théorème de l'énergie cinétique :

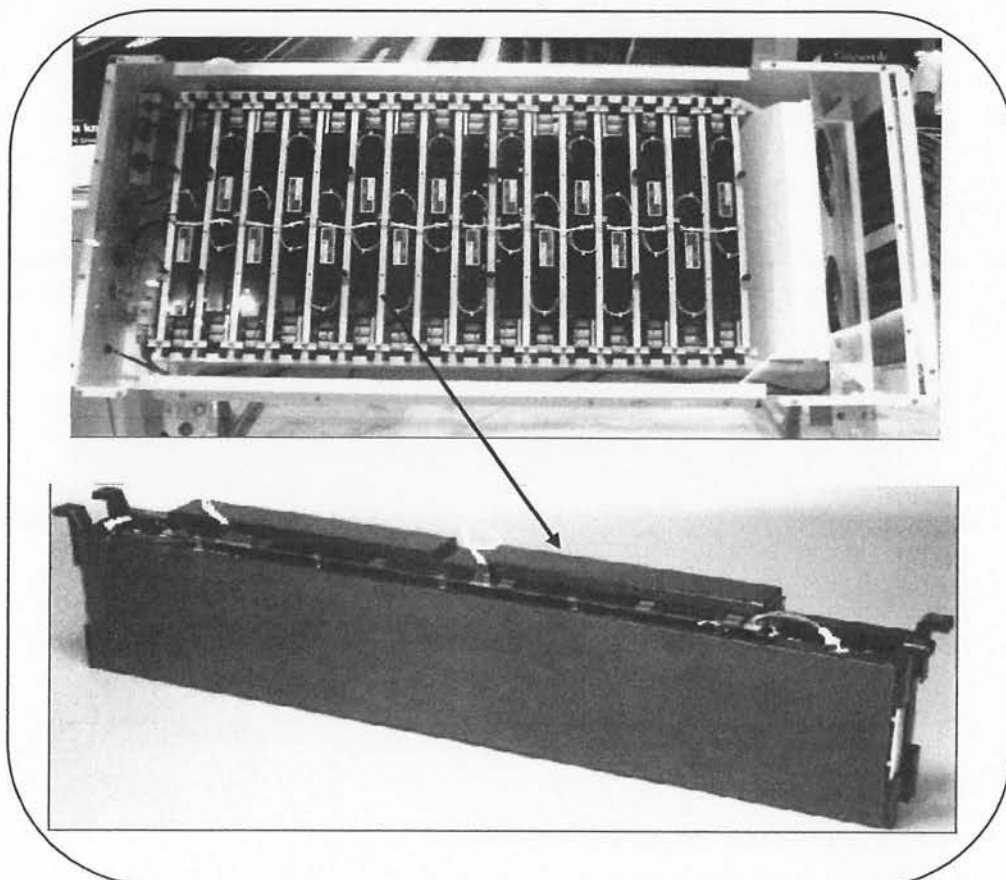
La variation de l'énergie cinétique E_C est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au système $\Sigma W_{F_{ext}}$;

$$\Delta(E_C) = \Sigma W_{F_{ext}}$$

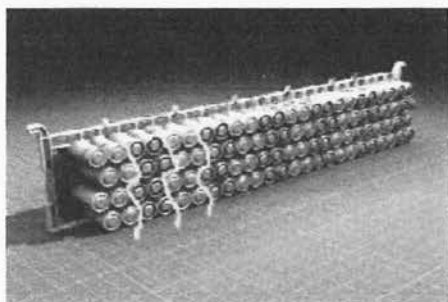
- 1-8-4 En supposant la force de frottement horizontale et opposée au sens du mouvement, calculer le travail de la force $\vec{F}_c$ noté $W_{\vec{F}_c}$ sur ce petit déplacement d . Quel est son signe ?
- 1-8-5 Montrer à l'aide du théorème de l'énergie cinétique que le travail de la force motrice W_{F_m} vaut 418 kJ.
- 1-8-6 En déduire la puissance motrice minimum P_{mini} sur ce déplacement.
- 1-8-7 En supposant le rendement de la transmission égal à 1, calculer la puissance utile minimum délivrée par le moteur.
- 1-8-8 Comparer cette valeur avec celle de la documentation. Pourquoi le constructeur prévoit-il une valeur de puissance crête nettement supérieure ?

PARTIE 2- ÉTUDE D'UNE BATTERIE.

La batterie sur la première photo est composée de 16 modules identiques à celui de la photo suivante.



Dans chaque module, on retrouve 96 accumulateurs élémentaires lithium-ion dont la tension aux bornes vaut 3,33V. Ces accumulateurs sont branchés en série.



On constitue 8 assemblages de 2 modules montés en série. Ces 8 assemblages sont eux montés en parallèle. Le temps de recharge est d'environ 3 heures. La tension disponible aux bornes de l'ensemble (mesurée en sortie de la batterie) est de 640 V.

- 2-1 À partir des informations fournies ci-dessus, schématiser le montage des modules au sein de la batterie. Justifier que la tension disponible aux bornes de l'ensemble est bien de 640 V.
- 2-2 Le fabricant indique une charge électrique maximale de 43200 C pour un module ; déterminer la valeur du courant de charge de la batterie pour une durée de charge moyenne de 3,00 h.
- 2-3 La borne positive de l'accumulateur est formée d'un matériau accueillant des ions lithium, Li^+ . Pour le bilan électronique, on peut formellement modéliser les processus qui s'y déroulent par l'équation du couple Li^+/Li . On étudie ci-dessous le fonctionnement de cette électrode lors de la décharge.
 - 2-3-1 Écrire l'équation de la réaction qui se produit à cette électrode. Donner le nom de cette transformation.
 - 2-3-2 La transformation qui se produit dans la pile, dans ces conditions, est-elle spontanée ou forcée ?
 - 2-3-3 En considérant la décharge totale d'un accumulateur élémentaire, calculer la quantité d'ions Li^+ consommée et la masse de lithium formée à la borne positive.

On donne 1 Faraday = $96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse molaire atomique du lithium $M_{\text{Li}} = 7,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

PARTIE 3 - ÉTUDE DE LA GESTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'HABITACLE CONDUCTEUR.

Ce type de véhicule présente un poste de conduite semi cloisonné et équipé d'une climatisation à destination du chauffeur. Vous disposez des informations suivantes :

Document 3 :

Paramètres influant sur la température dans l'habitacle :

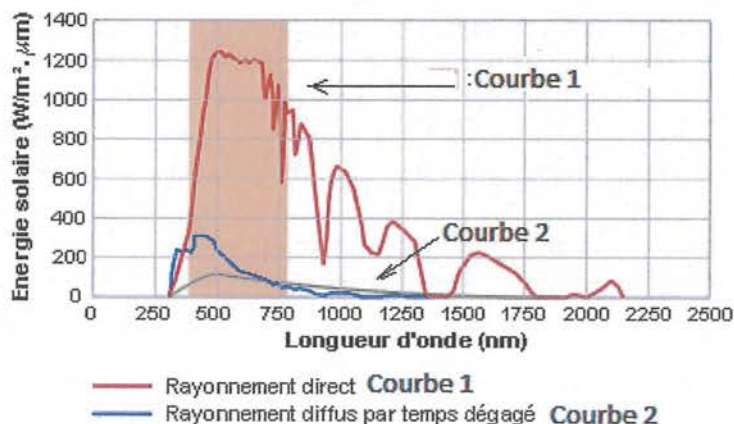
- couleurs de carrosserie (noire plus chaude, blanc plus froide),
- isolant entre toile de pavillon et tôle (feuille d'aluminium),
- volume de l'habitacle (paroi de séparation cabine),
- vitres teintées athermique (gain de 3°C et plus).

Article de presse scientifique

Les véhicules d'aujourd'hui ont des pare-brises « athermiques » : cet aspect nouveau est produit par les couches transmettant le rayonnement visible mais réfléchissant le rayonnement infrarouge. La transmission des infrarouges a été fortement réduite. Avec un tel verre, les passagers sont protégés des rayons du soleil et donc d'une chaleur excessive dans l'habitacle.

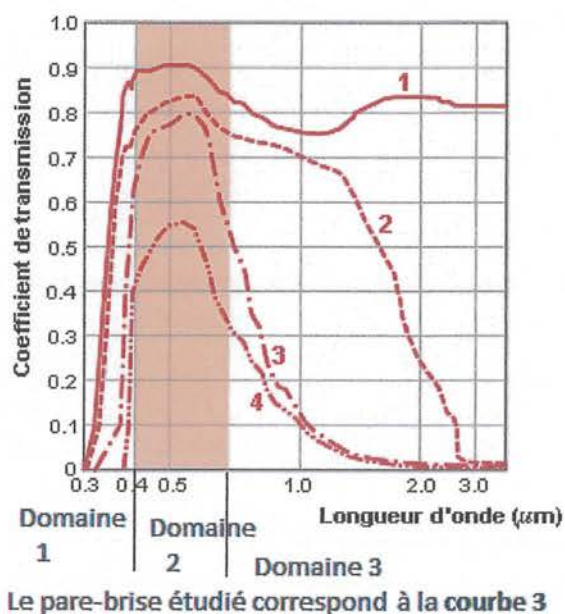
Les graphes suivants, donnent pour le premier, la puissance des radiations émises par le soleil, et pour le second, la transmission par le type de vitre athermique étudiée en fonction de la longueur d'onde.

Graphe 1



Source : énergieplus-lesite.

Graphe 2



Document 4

Principe de fonctionnement d'une climatisation

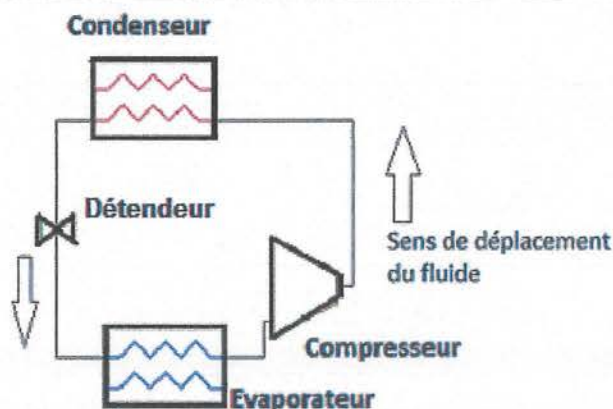


Schéma de principe de la climatisation

Place du climatiseur dans le compartiment moteur.



Dans la conduite, en sortie du condenseur et juste avant le détendeur, le fluide frigorigène R-134a se trouve à l'état liquide, à la pression de 7,0 bar et une température ambiante approximative de 27°C.

Lorsqu'il a traversé le détendeur, le fluide frigorigène s'écoule dans le serpentin de l'évaporateur à la pression de 1,5 bar et à une température de -16°C. Le fluide absorbe la chaleur de l'air ambiant et passe de l'état liquide à l'état gazeux. Autrement dit, le fluide frigorigène prend alors des calories (chaleur) à l'air ambiant, abaissant ainsi la température de celui-ci.

Ce gaz est ensuite comprimé puis il passe à travers le condenseur pour y redevenir liquide.

Le compresseur est entraîné par le moteur thermique et donc ponctionne une petite partie de sa puissance utile, entraînant, surtout sous forte chaleur, une surconsommation.

- On donne : chaleur latente de vaporisation (1,5 bar au point d'ébullition) : $L_v = 215,9 \text{ kJ/kg}$
- Masse molaire atomique : $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(F) = 19,0 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Fluide réfrigérant.

Le 1,1,1,2-tétrafluoroéthane est un hydrocarbure halogéné de formule brute $C_2H_2F_4$. Il est utilisé principalement comme fluide réfrigérant sous le nom de R-134a. Composé de la classe des hydrofluorocarbures (HFC), il n'a pas d'impact sur la couche d'ozone.

QUESTIONS :

- 3-1 Sur les graphes du document 3 page 8/12 sont repérés trois domaines de longueur d'onde. Attribuer à chaque domaine un type de rayonnement à choisir parmi : infrarouge, ultraviolet et visible.

3-2 À la lecture des graphes du **document 3 page 8/12**, déterminer le pourcentage maximal de transmission du pare-brise (correspondant à la courbe 3) pour la lumière visible.

3-3 Étude du **Document 4 page 9/12**.

3-3-1 Donner la formule développée plane du 1,1,1,2-tétrafluoroéthane, sachant que le carbone établit quatre liaisons, l'hydrogène une liaison et le fluor une liaison.

On raisonne maintenant sur une quantité de matière d'une mole de R-134a .

3-3-2 Calculer la masse molaire du R-134a puis l'énergie nécessaire pour la vaporisation d'une mole de ce fluide frigorigène à son point d'ébullition.

3-3-3 D'où provient l'énergie nécessaire à la vaporisation d'une mole de R-134a ?

3-4 À la lecture des **documents 3 et 4 des pages 8/12 et 9/12**, quelle solution proposez-vous afin de réduire au maximum la température dans l'habitacle conducteur de façon écologique et économique ?

PARTIE 4 - ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE DE NETTOYAGE ÉCOLOGIQUE ET EFFICACE.

Afin de rendre l'emploi de produits nettoyants sûr et efficace, on se propose de rédiger une note à destination du personnel intervenant pour le nettoyage des bus. On étudie donc préalablement les documents qui suivent.

Document 5 :

Précautions à prendre pour l'utilisation de l'eau de Javel.

L'eau de Javel contient des ions hypochlorite, $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$, et des ions chlorure, $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.

Deux risques peuvent se présenter lors de l'emploi de l'eau de Javel.

1. Le contact avec la peau et les muqueuses : le pH basique de l'eau de Javel compris entre 11,5 et 12,5 et, par conséquent, son action caustique sur la peau et dans les yeux, imposent un rinçage immédiat et abondant.

2. La production de dichlore lors d'une diminution de pH de l'eau de Javel. Cette baisse de pH peut, dans la vie courante, se produire lorsque l'eau de Javel est en contact avec des solutions acides (détartrants ménagers). Il se produit alors un dégagement de dichlore lors d'une réaction mettant en jeu les couples $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ et $\text{Cl}_{2(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ en milieu acide.

En conséquence, pour la désinfection des surfaces, l'eau de Javel doit être correctement diluée et uniquement utilisée après nettoyage complet par un détergent suivi d'un rinçage, pour une désinfection efficace et pour ne pas favoriser l'apparition du phénomène de résistance au chlore.

Document 6 : Pictogrammes de sécurité de l'eau de Javel



Dans un premier temps, le sol du bus est nettoyé abondamment à l'eau de Javel. Ensuite, avant le rinçage des sols, une seconde personne décide d'appliquer sur l'équipement intérieur et les surfaces intérieures des vitres, une solution contenant de l'acide éthanoïque. Par écoulement, une partie de cette solution acide entre en contact du sol et donc avec l'eau de Javel. Le personnel observe un léger dégagement gazeux irritant et décide d'évacuer les lieux.

- 4-1 À l'aide du **document 5 page 10/12** et du **document 6 ci-dessus**, nommer la(les) protection(s) indispensable(s) à l'usage des produits d'entretien.
- 4-2 Sachant que l'eau de Javel contient des ions hypochlorite, $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$, qui appartiennent au couple $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, écrire la demi-équation de réduction de l'ion hypochlorite en milieu acide. (Parmi les réactifs, on fait apparaître les ions H^+ provenant de la solution acide. Il y a également production d'eau).
- 4-3 À l'aide du **document 5 page 10/12**, nommer le gaz produit lors de la réaction entre l'eau de Javel et la solution d'acide éthanoïque. Quelle demi-équation pouvez-vous alors écrire concernant le couple $\text{Cl}_{2(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$?
- 4-4 En déduire l'équation chimique globale traduisant ce qui se passe sur le sol du bus.
- 4-5 Sur un blog, on peut lire que le nettoyage est plus efficace en mélangeant de l'eau de Javel et du vinaigre blanc (solution diluée d'acide éthanoïque). Commenter et critiquer cette affirmation en vous aidant de l'équation précédente et des documents.

DOCUMENT RÉPONSE

(à rendre avec la copie)

DR1

