

**SESSION 2015**

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**

**PHYSIQUE-CHIMIE**

**Sciences et Technologies de Laboratoire**

**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 12 pages.  
La page 12/12 est à rendre avec la copie.**

## UN EXAMEN À L'HOPITAL

La maladie d'Alzheimer affecte environ 900 000 Français ; un nombre certainement très en deçà de la réalité puisqu'on estime que 50 à 70 % des malades ne sont pas diagnostiqués. En effet, cette maladie peut commencer par une phase "silencieuse" d'une dizaine d'années durant laquelle elle est indétectable. Pendant celle-ci, les lésions cérébrales s'accroissent et provoquent des troubles irréversibles allant de la perte de mémoire des événements récents jusqu'à la perte de reconnaissance des personnes de son entourage.

Un patient atteint de la maladie d'Alzheimer doit se rendre au CERMEP (Centre d'Étude et de Recherche Multimodale Et Pluridisciplinaire en imagerie du vivant) de Lyon afin de subir un examen médical appelé Tomographie par Émission de Positons (ou TEP). Bien qu'étant encore à l'état de recherche, l'utilisation de cette « technique » permet de diagnostiquer plus tôt la maladie.

Habitant en banlieue lyonnaise, celui-ci décide de faire appel à une ambulance pour se rendre dans ce centre. Il s'agit d'un véhicule diesel.

Le sujet comporte deux parties indépendantes :

Partie A : imagerie médicale (9,5 points)

Partie B : consommation d'une ambulance diesel (10,5 points)

### **Partie A - L'imagerie médicale (9,5 points)**

Il existe à l'heure actuelle deux types d'imagerie médicale : l'imagerie morphologique et l'imagerie fonctionnelle présentées sur l'annexe A1 page 4.

#### **1. Le rayonnement gamma utilisé en médecine.**

1.1 À l'aide du guide d'information en imagerie médicale de l'annexe A1 page 4, donner un rayonnement électromagnétique utilisé en imagerie médicale autre que le rayonnement gamma.

1.2 Compléter le document réponse **DR1** page 12 à rendre avec la copie, en attribuant à chaque domaine un type de rayonnement parmi les trois suivants : rayonnement gamma, rayonnement X et rayonnement UV.

1.3 Compléter le document réponse **DR1** page 12 en donnant les longueurs d'onde limites correspondant au rayonnement électromagnétique visible.

## 2. L'utilisation du fluor 18 en tomographie.

Données : symbole du noyau de fluor 18 :  ${}^{18}_9\text{F}$

$h = 6,626 \times 10^{-34}$  S.I.

$c = 2,998 \times 10^8$  S.I.

Énergie du rayonnement gamma considéré :  $E_\gamma = 8,190 \times 10^{-14}$  S.I.

2.1 Donner la composition d'un noyau de fluor 18.

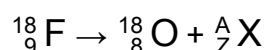
2.2 Donner la définition de noyaux radioactifs et de leur demi-vie.

On a réalisé deux doses D1 et D2 de fluorodesoxyglucose contenant du fluor 18 radioactif pour deux patients qui doivent faire un examen dans deux salles différentes le matin même.

2.3 À l'aide de l'annexe A4 de la page 6 déterminer la demi-vie du fluor 18.

2.4 Déterminer le temps au bout duquel le nombre de noyaux de la dose D1 est divisé par 8.

L'équation de désintégration du fluor 18 peut s'écrire :



2.5 En appliquant les lois de conservation, déterminer A et Z.

2.6 Donner le nom et le symbole de la particule X émise. En déduire le type de radioactivité que subit le noyau de fluor 18.

Lors de cette désintégration, le fluor se transforme en oxygène. Le traceur radioactif (le fluorodesoxyglucose) devient alors une molécule de glucose. Il peut être absorbé par les cellules saines.

2.7 À l'aide de l'annexe A3 page 5, comment force-t-on le processus d'élimination de la substance du corps humain ?

2.8 Citer l'unité de mesure de l'équivalent dose.

Lors de la fabrication du fluor radioactif 18, il est nécessaire pour protéger le personnel de prévoir une épaisseur de plomb autour de l'automate utilisé. Cet écran a une épaisseur de 10,0 cm.

La loi d'absorption du rayonnement est  $I = I_0 \cdot e^{-(\mu \cdot x)}$ , où  $I_0$  représente l'intensité du faisceau initial,  $I$  celle après traversée de l'écran et  $x$  l'épaisseur de l'écran en mètres. Le coefficient  $\mu$  a pour valeur  $46,2 \text{ m}^{-1}$  pour le plomb et pour le rayonnement gamma utilisé en imagerie médicale.

2.9 À l'aide de la loi d'absorption ci-dessus, montrer qu'une épaisseur de plomb de 10,0 cm est suffisante pour diviser l'intensité du faisceau incident par un facteur 100 environ.

On rappelle que la longueur d'onde d'un photon est liée à son énergie par la relation :  $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

2.10 Que représentent E, c et  $\lambda$  dans cette formule ? Préciser leur unité.

2.11 Pour le rayonnement d'énergie  $E_\gamma = 8,190 \times 10^{-14}$  S.I. , calculer la valeur de  $\lambda$ .

### 3. La chimie dans le contrôle qualité.

Avant l'injection du traceur radioactif, il est nécessaire de lui faire subir un contrôle qualité. Une des étapes de ce contrôle est mentionnée dans l'annexe A3 page 5.

3.1 Donner la définition d'une base.

Lors de la réaction acide base entre la solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) et l'acide (HA), les couples qui interviennent sont :  $\text{HA} / \text{A}^-$  et  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$ .

3.2 Écrire la réaction acide base qui se produit au cours de cette étape.


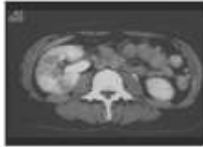



Sur le flacon de solution d'hydroxyde de sodium utilisé on trouve le pictogramme suivant :



3.3 Donner sa signification ainsi que les conditions d'utilisation en termes de sécurité.

3.4 Le pH sanguin étant de 7,4, préciser en justifiant, s'il est acide, basique ou neutre.

## ANNEXE DE LA PARTIE A – L'imagerie médicale.

Imagerie morphologique	Imagerie fonctionnelle
L'imagerie <b>médicale morphologique</b> permet de donner une image directement de l'anatomie (donc de la géométrie) des organes et tissus du patient	<b>L'imagerie médicale fonctionnelle</b> permet de donner une image des métabolismes mis en jeu à l'intérieur de ces mêmes tissus et organes
<i>Exemples</i>	<i>Exemples</i>
<p>Echographie Ultrasons</p>  <p>Tomodensitométrie (Scanner X)</p>  <p>IRM</p> 	<p>Scintigraphie (gammacaméra) <math>^{123}\text{I}</math>, <math>^{201}\text{Tl}</math>, <math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math>, ...</p>  <p>Tomographie par Emission de Positons Isotopes à vie courte <math>^{18}\text{F}</math>, <math>^{11}\text{C}</math>, ...</p>  <p>Ces 2 exemples utilisent le rayonnement Gamma (<math>\gamma</math>)</p>

Annexe A1 – Guide d'information en imagerie médicale

<http://html5.ens-lyon.fr/CSP/Formasciences2012/Lebars/video.html#diapo04>

Cette technique d'imagerie médicale, proche de la scintigraphie, permet d'obtenir des informations sur le fonctionnement des tissus et des organes du corps humain tel que le cerveau, le cœur, le foie, le pancréas.... C'est un examen à visée diagnostique ou de recherche. Les images obtenues sont tridimensionnelles.

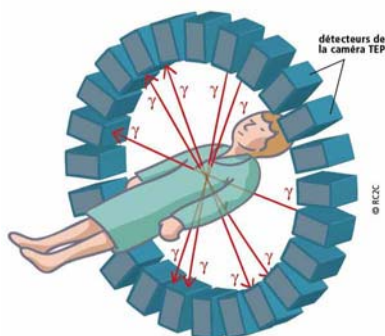
La réalisation de l'examen nécessite l'injection, dans une veine du coude, d'un médicament radioactif appelé traceur radioactif.

Le traceur le plus utilisé est un dérivé du glucose (sucre) porteur d'un atome de fluor radioactif de très courte demi-vie. Après son injection, le traceur est absorbé par les parties du corps saines et peu par les parties du corps malades. Dans le cerveau, les cellules atteintes par la maladie d'Alzheimer, accumulent ainsi peu de traceur radioactif ce qui permettra de les détecter.

Annexe A2 - Principe simplifié de la Tomographie par Émission de Positons (TEP)  
(d'après <http://www.cermep.fr/>)

### Étape de la synthèse du traceur radioactif

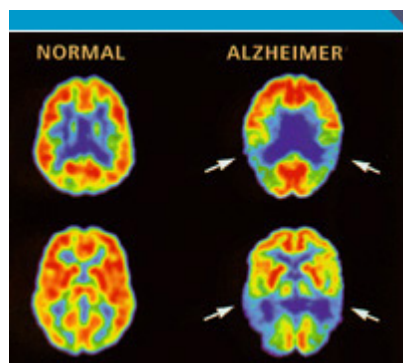
On réalise cette opération en mélangeant le traceur radioactif à une solution d'hydroxyde de sodium concentrée ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ). La solution obtenue étant très basique, on la neutralise d'un point de vue acido-basique avant de l'injecter au patient. Cette opération est réalisée par ajout d'un acide de formule  $\text{HA}_{(\text{aq})}$ . Le pH que l'on cherche à obtenir avant d'administrer la substance est celui du pH sanguin soit 7,4. Le contrôle qualité permet entre autre de vérifier la valeur du pH du produit à injecter.



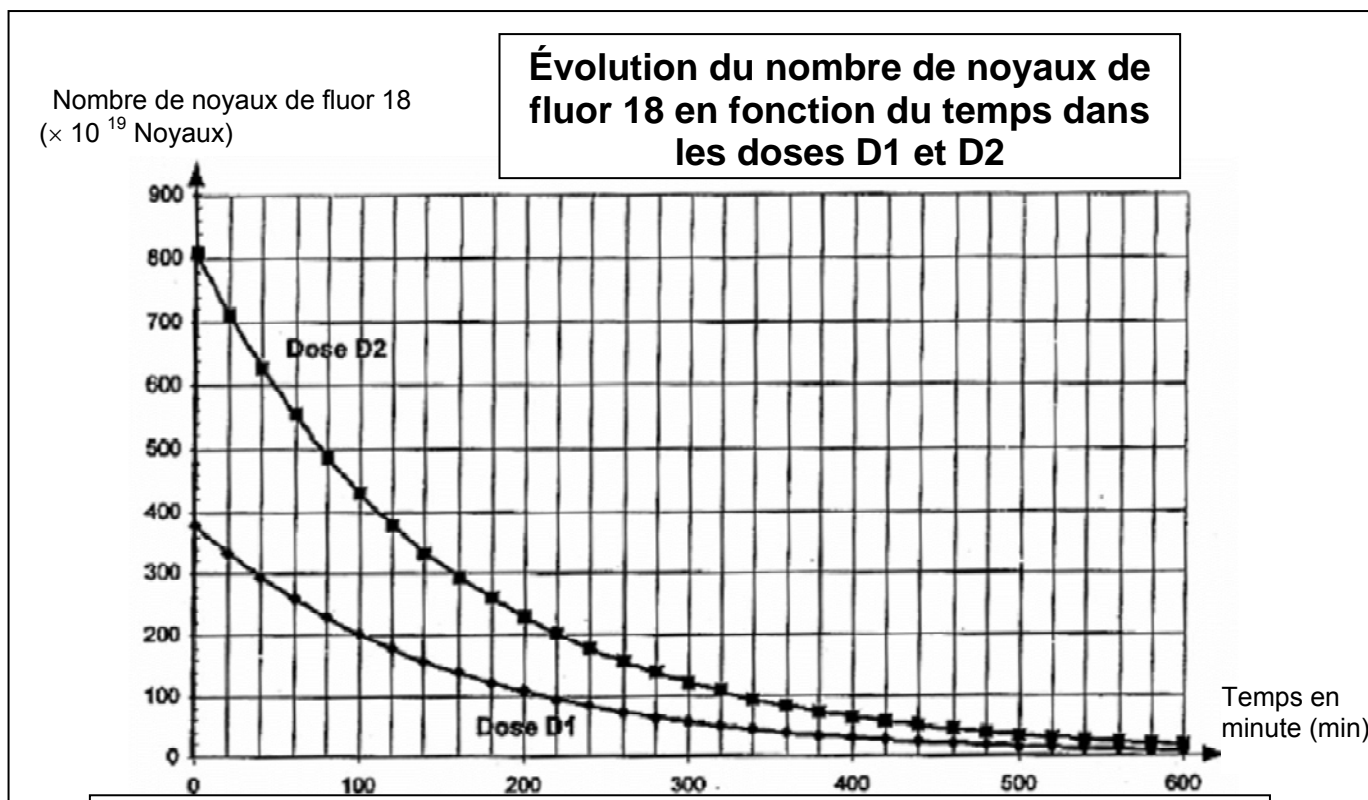
**Sources Images**  
<http://www.fecyt.es/especiales/alzheimer/diagnostico.htm>  
<http://www.tetes-chercheuses.fr>

### Dangers de l'examen

En raison de l'activité radioactive du traceur, l'examen TEP n'est pas sans risque. Il est interdit aux femmes enceintes et aux mères allaitantes. Des précautions de confinement sont à prendre pendant environ 12 heures, temps moyen pour que la plus grande partie de la radioactivité ait disparu. À l'issue de l'examen, les patients doivent boire de l'eau pour éliminer les traces de traceur. L'activité injectée est fonction du poids du patient varie de 180 à 300 MBq. Pour un individu adulte à qui l'on injecte 300 MBq de FDG, l'équivalent dose reçu sera de 5,7 mSv (l'irradiation naturelle est en moyenne, en France, de l'ordre de 2,4 mSv/an).



Annexe A3 - Quelques étapes de la tomographie par émission de positon dans le diagnostic de la maladie d'Alzheimer



Annexe A4 – Évolution du nombre de noyaux en fonction du temps.

## **Partie B - Consommation d'une ambulance diesel (10,5 points)**

Un taxi-ambulance à moteur diesel (ou VSL véhicule sanitaire léger) amène le patient à l'hôpital.



### **1. Rendement global du moteur diesel de l'ambulance**

Le moteur diesel est un moteur thermique à combustion interne, à allumage spontané, utilisant des carburants tels que du gazole, du fuel, ou du mazout.

Compléter le schéma de la conversion énergétique qui a lieu dans le moteur diesel sur le document réponse **DR2** page 12, à rendre avec la copie en choisissant parmi les termes suivants : énergie thermique, énergie chimique, énergie mécanique.

2. L'ambulance à moteur diesel roule à la vitesse constante  $v$  sur un parcours d'une longueur  $d$ . Sur ce parcours, l'énergie mécanique fournie par le moteur et utile au déplacement est  $E_u$ .

Données : vitesse  $v = 90 \text{ km.h}^{-1}$   
 distance parcourue  $d = 20 \text{ km}$   
 énergie utile  $E_u = 2,9 \text{ kW.h}$   
 rendement  $r = 26 \%$   
 $1 \text{ kW.h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$

2.1 Montrer que le temps de parcours est  $t = 800 \text{ s}$ .

2.2 Convertir l'énergie utile  $E_u$  en joules, puis calculer la puissance mécanique moyenne utile  $P_u$  sur ce parcours.

2.3 Sur ce parcours le rendement est de 26%. Calculer l'énergie absorbée.

### **3. Consommation réelle de l'ambulance**

Le Pouvoir Calorifique Inférieur ou PCI d'un carburant est l'énergie que peut fournir 1,0 kg de ce carburant pendant sa combustion (l'eau formée étant à l'état de vapeur).

Données : Pouvoir Calorifique Inférieur du gazole  $\text{PCI} = 43 \text{ MJ.kg}^{-1}$   
 masse volumique du gazole  $\rho = 0,84 \text{ kg.L}^{-1}$

3.1 Calculer la masse de carburant brûlé sur ce parcours.



3.2 Montrer que le volume de carburant brûlé sur ce parcours est de 1,1 litre.

3.3 En déduire la consommation réelle de l'ambulance sur 100 km dans ces conditions.

#### 4. Influence du parcours sur la consommation de l'ambulance

4.1 À partir de l'annexe B1 de la page 10, déterminer le nombre d'accélération, de décélération et de paliers de vitesse dans des conditions extra-urbaines.

4.2 Déterminer à partir de l'annexe B1, pendant combien de temps l'ambulance roule à la vitesse constante de 70 km.h<sup>-1</sup>.

4.3 À partir de l'annexe B1, combien de temps met l'ambulance pour passer d'une vitesse nulle à la vitesse de 70 km.h<sup>-1</sup> ?

4.4 On peut lire certaines caractéristiques de la voiture diesel sur la fiche technique du constructeur présentée en annexe B2 page 10. Expliquer les variations des consommations données par le constructeur suivant les conditions de parcours.

#### 5. Influence de la vitesse de l'ambulance sur la consommation

La valeur F de la force de résistance aérodynamique exercée par l'air sur une voiture roulant à la vitesse constante v est définie par :

$$F = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v^2$$

avec  $\rho$  masse volumique de l'air,  
S section frontale du véhicule,  
 $C_x$  coefficient sans dimension reflétant l'aérodynamisme du véhicule.

D'autre part S et  $C_x$  dépendent de la forme du véhicule et varient peu d'un véhicule à l'autre pour une même catégorie.

5.1 Quelles sont les unités S.I. de F,  $\rho$ , S et v ?

5.2 Par combien est divisée la force F si la vitesse est divisée par deux ? Quelle conséquence cela a-t-il sur la consommation de l'ambulance ?

## 6. Influence de la masse de l'ambulance sur la consommation

6.1 À partir de l'annexe B3 de la page 11, préciser les paramètres étudiés par les constructeurs pour réduire la consommation des véhicules. Quel est parmi ces paramètres celui qui différencie les deux ambulances ?

6.2 Sur quelle(s) forme(s) d'énergie mentionnée(s) dans l'annexe ce paramètre agit-il ?

6.3 Calculer l'énergie  $E_{\text{totale}}$  pour les véhicules A et B.

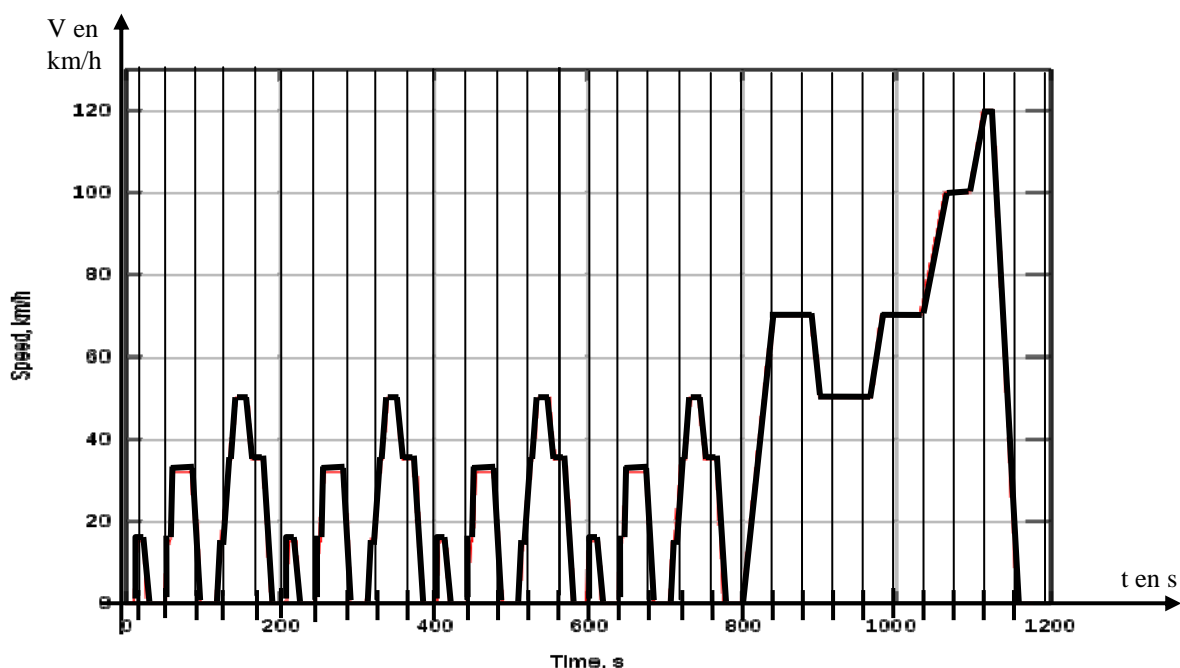
6.4 Déterminer l'écart relatif entre  $E_{\text{totale}}(A)$  et  $E_{\text{totale}}(B)$  par rapport à  $E_{\text{totale}}(A)$  du véhicule A.

6.5 Le gérant de la flotte d'ambulances souhaite faire des économies de fonctionnement, quel type d'ambulance A ou B doit-il privilégier lors de l'achat d'un nouveau véhicule ? Justifier.

## ANNEXE DE LA PARTIE B – Consommation d'une ambulance Diesel

En Europe les constructeurs automobiles publient des mesures de la consommation de leurs véhicules réalisées sur des cycles de conduite normalisés : le **New European Driving Cycle** (ou **cycle NEDC**) est conçu pour imiter de façon reproductible les conditions rencontrées sur les routes européennes.

Le principe de ce cycle est un « scénario » fait d'accélération/décélération et de paliers de vitesse, sans montée ni descente. Le graphe ci-dessous donne la vitesse (en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en fonction du temps (en s).



- La consommation urbaine est mesurée sur les 800 premières secondes.
- La consommation extra-urbaine de 800 à 1 200 s.
- La consommation mixte est mesurée sur un cycle complet de 1200s.

Annexe B1 : Norme européenne sur le cycle de consommation.

Consommations en L pour 100 km			Réservoir	CO <sub>2</sub>	Masse à vide
Conditions urbaines	Conditions extra-urbaines	Mixte			
5,4	3,8	4,4	50 L	115 g/km	995 kg

Annexe B2 : Fiche technique du constructeur

Pour réduire la consommation, les constructeurs étudient l'influence des différents paramètres sur l'énergie mécanique utile  $Eu_{totale}$  qui peut être décomposée en trois formes d'énergie sur le parcours NEDC (sans montée ni descente) étudié à la question 4. :

$$Eu_{totale} \text{ (MJ au 100km)} = Eu_a + Eu_r + Eu_g = S.C_x.19,2 + C_r.m.0,82 + m.0,011$$

avec  $Eu_a = S.C_x.19,2 =$  énergie utile aérodynamique

$Eu_r = C_r.m.0,82 =$  énergie utile roulement

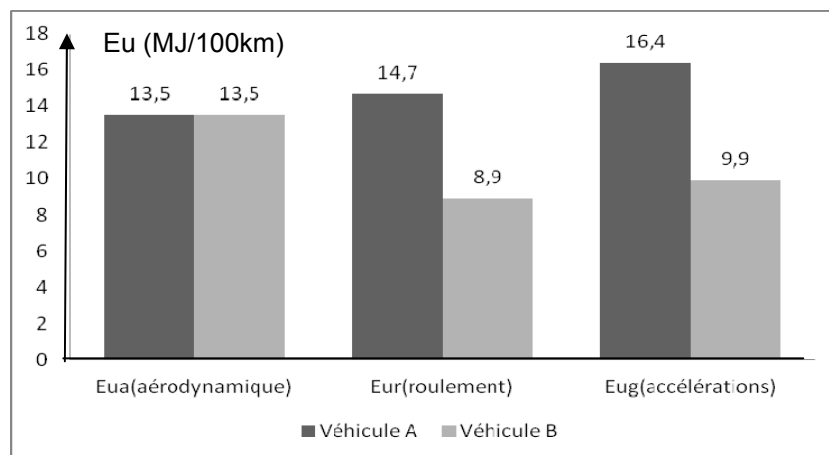
$Eu_g = m.0,011 =$  énergie utile accélérations

avec

véhicule	m (en kg)	Coefficient de pénétration dans l'air $S.C_x$	Coefficient de roulement $C_r$
A : voiture compacte diesel	1490	0,70	0,012
B : voiture compacte diesel allégée	900	0,70	0,012

Le graphe ci-dessous donne la répartition de ces trois énergies mécaniques utiles pour deux voitures différentes A et B de puissance fiscale équivalente :

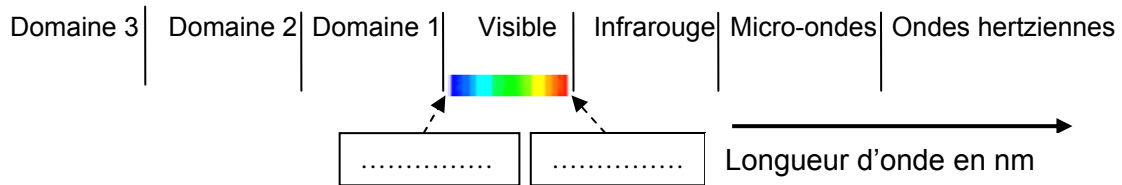
[http://www.hkw-aero.fr/pdf/energie\\_utile\\_voiture.pdf](http://www.hkw-aero.fr/pdf/energie_utile_voiture.pdf)



Annexe B3 : influence de différents paramètres sur la consommation

**DOCUMENT RÉPONSE  
À RENDRE AVEC LA COPIE**

DR1 – Domaine de fréquence des ondes électromagnétiques



Domaine 1 : .....  
 Domaine 2 : .....  
 Domaine 3 : .....

DR2 – Schéma de la chaîne énergétique du moteur de la voiture :

