

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
- Session 2015 -

**Sciences et Technologies de l'Industrie
et du Développement Durable**
et
Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Sciences Physiques et Chimiques en
Laboratoire

Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE DU VENDREDI 11 SEPTEMBRE 2015

Durée de l'épreuve : 3 heures
Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte **12** pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Les documents réponses pages 11/12 et 12/12 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*

Les capteurs embarqués dans les véhicules

À l'heure actuelle, l'électronique est partout présente au sein d'un véhicule automobile, des dizaines de capteurs embarqués informant en temps réel plusieurs calculateurs de bord.

Qu'il s'agisse du détecteur de ceinture de sécurité, du capteur de pluie, de l'allumage automatique des phares ou du dosage de carburant nécessaire, tous ces capteurs ont pour objectif d'améliorer le confort, la sécurité et l'impact du véhicule sur l'environnement.

Le sujet qui suit propose d'étudier trois thèmes :

- Partie A : la réduction du niveau de pollution
- Partie B : l'aide au freinage
- Partie C : l'amélioration de la visibilité

Le sujet comporte trois parties A, B et C indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions et vous rendrez les documents réponses avec votre copie.

Partie A : La réduction du niveau de pollution

Annoncée dès 1995, la stratégie européenne de réduction des émissions des véhicules automobiles s'est traduite en 2008 par une norme d'émission à atteindre d'ici 2015 : 130 grammes maximum de dioxyde de carbone (CO₂) par kilomètre parcouru.

Pour atteindre cet objectif, la France s'est notamment dotée d'un affichage obligatoire des émissions de dioxyde de carbone des véhicules sur les points de vente et les publicités. (Exemple : document A1).

Les gaz d'échappement contiennent également des polluants dangereux tels que le monoxyde de carbone, des hydrocarbures et des oxydes d'azote dont les rejets dans l'atmosphère doivent être minimisés.

Le carburant utilisé dans les voitures particulières dites à "essence" est en fait un mélange de nombreuses espèces chimiques dont plusieurs dizaines d'hydrocarbures et des additifs en faible proportion pour donner des propriétés particulières au mélange. Pour simplifier notre étude nous considérons ce carburant – que nous nommerons "essence" - comme étant constitué essentiellement d'octane.

Données : Masses molaires Carbone : $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$
Oxygène : $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$
Hydrogène : $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Cette partie fait appel aux documents A1 à A4.

A.1 QUESTION PRÉLIMINAIRE

Pourquoi les véhicules hybrides restent-ils les plus performants en ce qui concerne l'émission de dioxyde de carbone en 2012 ? (*Cette analyse se limite au véhicule seul sans prendre en compte la production d'électricité, l'extraction, le raffinage et le transport du carburant*).

A.2 LA COMBUSTION DE L'OCTANE

Cette partie se propose de vérifier la production de dioxyde de carbone par kilomètre parcouru pour le véhicule dont la fiche est fournie dans le document A1.

A.2.1 Lors d'une combustion complète de l'octane, il se forme 2 produits : le dioxyde de carbone et l'eau. Après avoir déterminé la formule brute de l'octane (à partir du document A2), écrire et équilibrer l'équation chimique de sa combustion complète dans le dioxygène de l'air.

A.2.2 À l'aide du document A3, expliquer la différence entre une combustion complète et une combustion incomplète.

Pour la suite des questions, on considérera la combustion comme étant complète.

A.2.3 Sachant que la masse volumique de l'octane est de 750 g.L^{-1} , montrer que la masse d'octane m_1 consommée par km (pour une consommation moyenne) vaut 48 g.

A.2.4 À partir de l'équation de la réaction établie question A.2.1, montrer que la masse m_2 de CO₂ produite par km est d'environ 148 g.

A.2.5 D'après le barème Bonus – Malus du document A1, évaluer l'impact financier pour le client.

A.3 LA RÉDUCTION DES GAZ TOXIQUES

Pour limiter la production de gaz toxiques (monoxyde de carbone, hydrocarbures, oxydes d'azote), il est indispensable de maintenir lors de la combustion un rapport air / carburant bien défini. Le mélange optimal est de 14,7 g d'air pour 1,00 g de carburant.

Une sonde dite « lambda », placée en début de ligne d'évacuation des gaz d'échappement, mesure la concentration résiduelle en oxygène. L'information qu'elle envoie au calculateur permet d'ajuster les proportions du mélange en modifiant la quantité de carburant injectée.

On note lambda (λ) le rapport de la masse d'air admise sur la masse d'air nécessaire.

A.3.1. Que vaut le rapport lambda (λ) lorsque la composition du mélange est optimale ?

A.3.2. On dit que le mélange (air + carburant) est pauvre si $\lambda > 1$, riche si $\lambda < 1$. Expliquer ce que cela signifie.

A.3.3. Le document A4 donne la valeur de la tension envoyée par la sonde au calculateur en fonction du rapport λ . En utilisant ce document et les réponses aux questions précédentes, compléter le **document réponse DR1 à rendre avec la copie**.

ANNEXE A : la réduction du niveau de pollution

A1 – Consommation de carburant et émission de CO₂

Marque : VOITURE Modèle : XXX Version : 88CH Énergie : Essence	Consommation mixte : 6,4 l/100 km	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BAREME BONUS-MALUS 2013</th> </tr> <tr> <th>EMISSIONS CO₂ (g/km)</th> <th>BONUS-MALUS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20 et - (électriques)</td><td>-7 000 €</td></tr> <tr><td>21 à 50</td><td>-5 000 €</td></tr> <tr><td>51-60</td><td>-4 500 €</td></tr> <tr><td>Hybrides (-110 g/km)</td><td>-4 000 €</td></tr> <tr><td>61-90</td><td>-550 €</td></tr> <tr><td>91-105</td><td>-200 €</td></tr> <tr><td>106-135</td><td>0 €</td></tr> <tr><td>136-140</td><td>100 €</td></tr> <tr><td>141-145</td><td>300 €</td></tr> <tr><td>145-150</td><td>400 €</td></tr> <tr><td>151-155</td><td>1 000 €</td></tr> <tr><td>156-175</td><td>1 500 €</td></tr> <tr><td>176-180</td><td>2 000 €</td></tr> <tr><td>181-185</td><td>2 600 €</td></tr> <tr><td>185-190</td><td>3 000 €</td></tr> <tr><td>191-200</td><td>5 000 €</td></tr> <tr><td>201 et plus</td><td>6 000 €</td></tr> </tbody> </table>	BAREME BONUS-MALUS 2013		EMISSIONS CO ₂ (g/km)	BONUS-MALUS	20 et - (électriques)	-7 000 €	21 à 50	-5 000 €	51-60	-4 500 €	Hybrides (-110 g/km)	-4 000 €	61-90	-550 €	91-105	-200 €	106-135	0 €	136-140	100 €	141-145	300 €	145-150	400 €	151-155	1 000 €	156-175	1 500 €	176-180	2 000 €	181-185	2 600 €	185-190	3 000 €	191-200	5 000 €	201 et plus	6 000 €
BAREME BONUS-MALUS 2013																																								
EMISSIONS CO ₂ (g/km)	BONUS-MALUS																																							
20 et - (électriques)	-7 000 €																																							
21 à 50	-5 000 €																																							
51-60	-4 500 €																																							
Hybrides (-110 g/km)	-4 000 €																																							
61-90	-550 €																																							
91-105	-200 €																																							
106-135	0 €																																							
136-140	100 €																																							
141-145	300 €																																							
145-150	400 €																																							
151-155	1 000 €																																							
156-175	1 500 €																																							
176-180	2 000 €																																							
181-185	2 600 €																																							
185-190	3 000 €																																							
191-200	5 000 €																																							
201 et plus	6 000 €																																							
Consommation de carburant CO₂ Le CO ₂ (dioxyde de carbone) est le principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique. Émissions de CO₂ faibles Inférieures ou égales à 100 g/km A de 101 à 120 g/km B de 121 à 140 g/km C de 141 à 160 g/km D de 161 à 200 g/km E de 201 à 250 g/km F Supérieures à 250 g/km G Émissions de CO₂ élevées	Consommation mixte : 150 g/km																																							

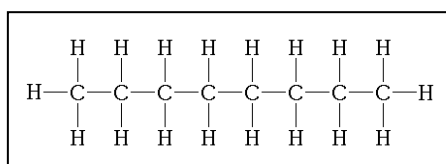
Classement ADEME 2013 des véhicules particuliers dont l'émission en CO₂ est faible

Les véhicules essence : les 10 premières valeurs d'émissions les plus faibles se situent, en 2013, entre 79 et 96g de CO₂/km (contre 87 et 98g en 2012)

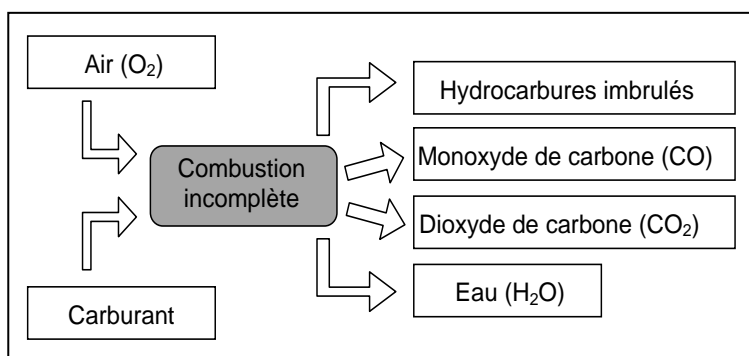
- Les véhicules hybrides restent cette année les plus performants avec 79g.
- Hors hybrides, le modèle essence le plus vertueux émet 94g.

Les véhicules Diesel : les 10 premières valeurs d'émissions les plus faibles se situent entre 83 et 94g de CO₂/km (contre 86 et 98g en 2012).

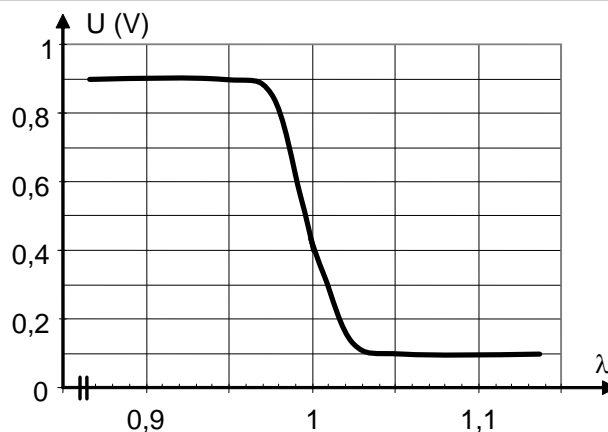
A2 – Molécule d'hydrocarbure octane



A3 – Combustion incomplète



A4 – Tension fournie par la sonde en fonction du rapport λ



Partie B : L'aide au freinage

B.1 DISTANCE D'ARRÊT ET FREINAGE DU VÉHICULE

Il est généralement admis qu'il faut environ une distance de 25 m pour immobiliser par temps sec un véhicule roulant à une vitesse v de 45 km.h^{-1} . Dans cette partie, on cherche à vérifier cette affirmation en s'appuyant notamment sur le document B1.

B.1.1 Exprimer l'énergie cinétique E_C du véhicule en fonction de sa masse m et de sa vitesse v . Calculer E_C pour un véhicule de masse $m = 1,00.10^3 \text{ kg}$.

B.1.2 Le véhicule ralentit sous l'action exclusive de son système de freinage. Cela se traduit par une variation d'énergie cinétique du véhicule égale au travail résistant du couple de freinage W_F exercé sur les roues du véhicule, selon la relation :

$$E_{C_{finale}} - E_{C_{initiale}} = W_F$$

a. Pourquoi le travail W_F est-il qualifié de « résistant » ?

Pour une rotation des roues d'un angle θ (exprimé en radians), le travail W_F peut s'écrire : $W_F = - C.\theta$, C étant le moment du couple de freinage (exprimé en N.m).

b. En supposant que $C = 1,81.10^3 \text{ N.m}$, calculer la distance D_F de freinage, jusqu'à l'arrêt du véhicule, pour des roues de rayon 29 cm et vérifier que ce résultat est compatible avec le graphique donné dans le document B1.

B.1.3 Vérifier l'affirmation introduisant cette partie en considérant que le temps de réaction du chauffeur est d'une seconde.

B.2 LE SYSTÈME D'AIDE AU FREINAGE

Le système antiblocage des roues (ABS) a été commercialisé en Europe sur les voitures à partir de 2004. Son rôle est de limiter le glissement des roues afin que le véhicule conserve sa stabilité et sa capacité directionnelle pendant le freinage.

B.2.1 Compréhension du problème (voir document B2) :

a. Justifier que la valeur du coefficient de glissement vaut :

- 100 % si la roue est bloquée,
- 0 % si la roue adhère parfaitement à la chaussée.

b. Quel coefficient de glissement faut-il choisir pour avoir un bon compromis entre le moment du couple de freinage et la capacité directionnelle de la voiture ? Justifier la réponse.

Le document B3 donne un principe simplifié du système ABS. Pour illustrer son fonctionnement, nous nous placerons dans le cas d'un véhicule roulant à 90 km.h^{-1} et dont le conducteur effectue un freinage d'urgence en appliquant à la pédale de frein une force d'intensité $F_1 = 50 \text{ N}$.

B.2.2 Utiliser le document B3 pour :

- a. Montrer que l'intensité F_2 de la force transmise par la pédale de frein au piston du maître-cylindre vaut 450 N .
- b. Calculer la pression p engendrée à l'entrée circuit hydraulique.
- c. Justifier le rôle du dispositif d'assistance au freinage (servofrein) intercalé entre la pédale de frein et le maître-cylindre, sachant que la pression p doit atteindre 70 bars lors d'un freinage d'urgence.

B.2.3 Afin de ne pas bloquer les roues et optimiser le coefficient de glissement, le système ABS régule la pression de freinage selon une succession de 3 phases :

- montée en pression,
- maintien de pression,
- réduction de pression.

Ces 3 phases composent un cycle de régulation qui se reproduit plusieurs fois par seconde.

Justifier en quelques lignes l'allure des signaux du document B4.

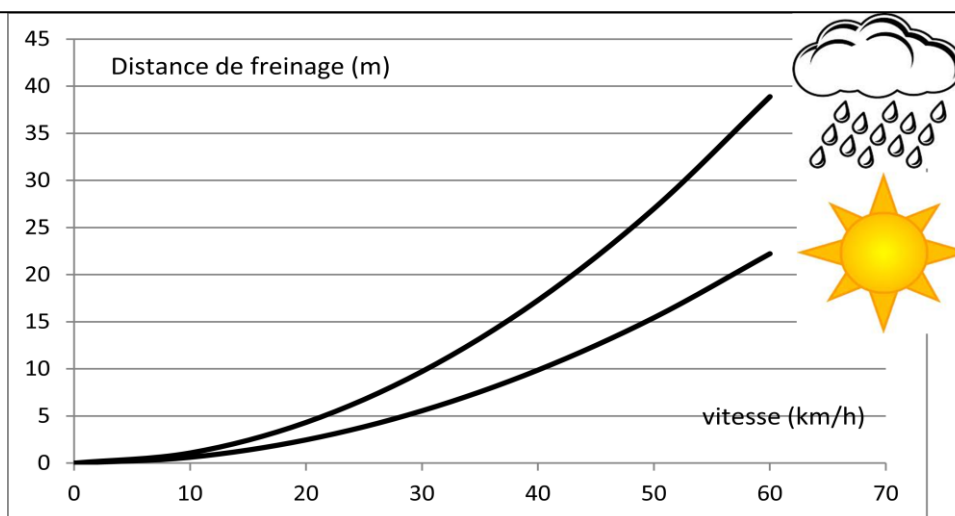
ANNEXE B : l'aide au freinage

B1 – Sécurité routière et distance d'arrêt

Lorsqu'une situation oblige un véhicule à s'arrêter, le freinage va s'effectuer en deux phases :

- **La phase de réaction**, entre le moment où le conducteur voit l'obstacle et celui où il commence à freiner. La distance de réaction D_R parcourue par le véhicule est proportionnelle au temps de réaction t_R du conducteur et à la vitesse v du véhicule.
- **La phase de freinage**, entre le moment où le conducteur actionne les freins et celui où le véhicule s'arrête. La distance de freinage D_f parcourue par le véhicule dépend de la vitesse v du véhicule, de l'état du véhicule (freins, pneus), et de l'état de la route (humide, sèche, verglas,...).

Graphique de l'évolution de la distance de freinage en fonction de la vitesse du véhicule



B2 – Coefficient de glissement

Lors d'un freinage d'urgence, la force appliquée à la pédale de frein entraîne souvent un blocage des roues. Il en résulte une perte de gouvernabilité du véhicule, ainsi qu'un allongement des distances de freinage.

L'adhérence d'une roue est liée à la nature de la route et l'état du pneu. On l'évalue par le coefficient de glissement g (en %) :

$$g = \frac{v - R \times \omega}{v} \times 100$$

v : vitesse du véhicule ($m.s^{-1}$)

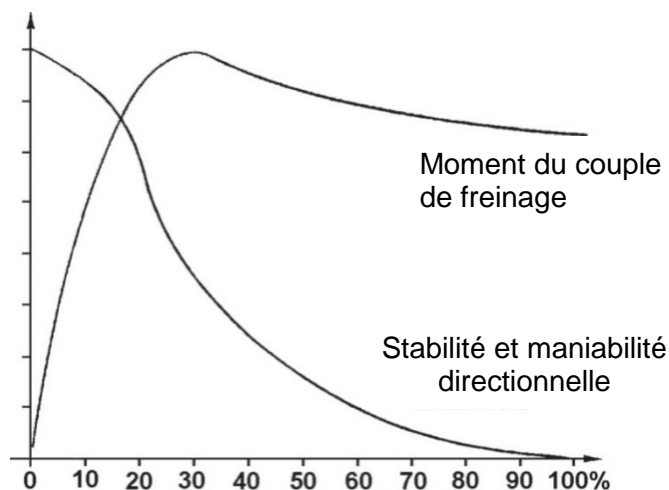
R : rayon de la roue (m)

ω : vitesse de rotation de la roue ($rad.s^{-1}$)

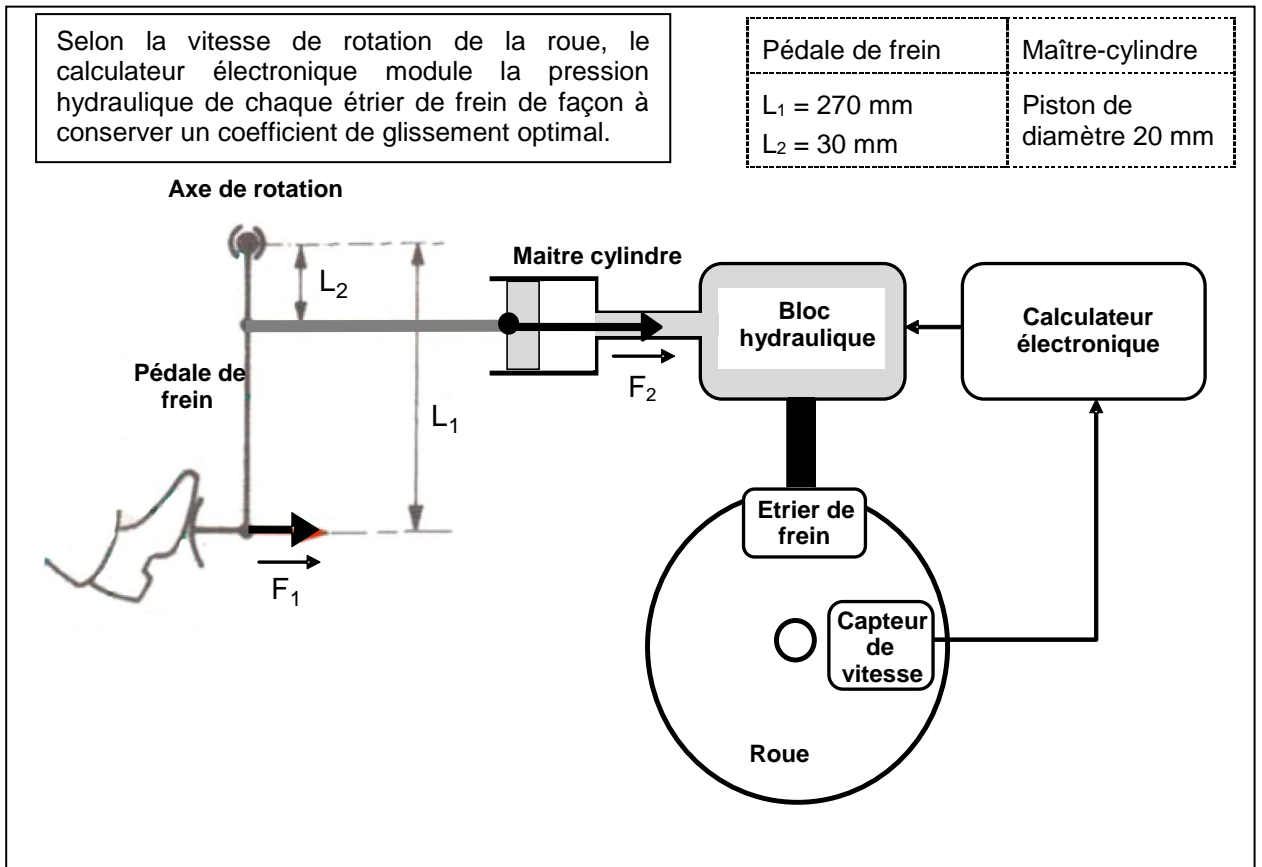
On appellera vitesse périphérique de la roue le produit $R.\omega$

Le graphe ci-contre montre l'évolution du moment du couple de freinage et de la stabilité/maniabilité directionnelle du véhicule en fonction du coefficient de glissement.

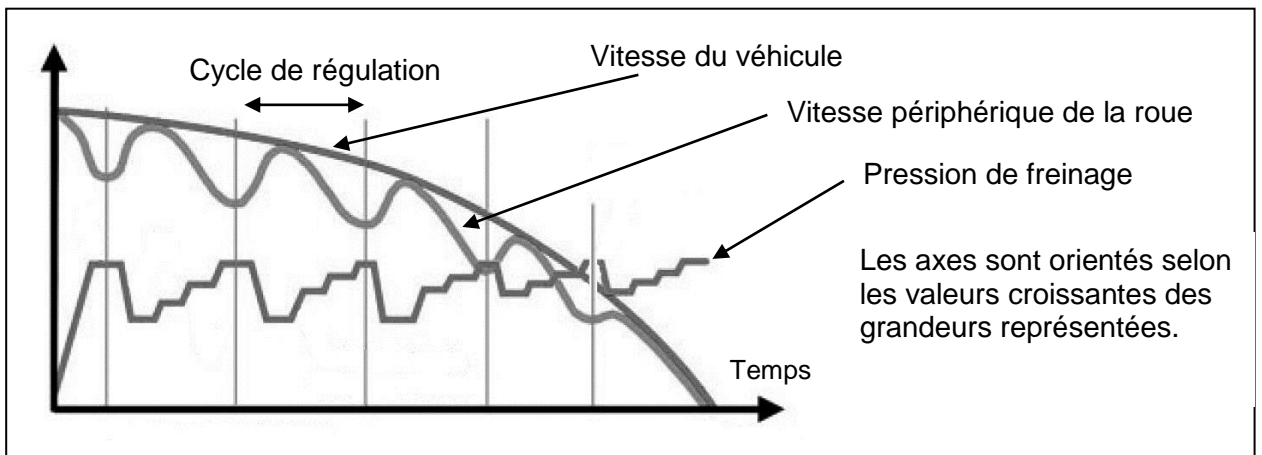
L'axe des ordonnées est orienté selon les valeurs croissantes sans souci d'échelle



B3 – Principe simplifié du système ABS



B4 – Régulation de la pression hydraulique lors d'un freinage



Partie C : L'amélioration de la visibilité

Un conducteur peut être soumis à de nombreuses distractions : trafic intense, conditions climatiques défavorables, état des routes, fatigue... Le détecteur de pluie réduit la charge du conducteur ce qui lui rend la conduite plus confortable.

Dans cette partie concernant la visibilité, nous nous limiterons à l'étude du détecteur de pluie. Les documents C1 à C4 rassemblent des informations utiles pour cette partie.

- C.1 En exploitant l'article du document C1, indiquer sur quel principe fonctionne la détection de pluie sur le pare-brise d'un véhicule.
- C.2 Compléter le **document réponse DR2 à rendre avec la copie** en y positionnant les domaines de l'infrarouge et de l'ultraviolet.
- C.3 Choisir, parmi les modèles proposés dans le document C2, un couple de diodes (émettrice / réceptrice) qui conviendrait pour le détecteur de pluie. La réponse devra être justifiée.
- C.4 La diode émettrice produit un pinceau de lumière qui, après avoir traversé un élément optique, vient frapper la face externe du pare-brise sous un angle d'incidence $I_1 = 45^\circ$. L'élément optique évite une déviation du faisceau lors du passage de l'air dans le verre. À l'aide des documents C3 et C4, montrer qu'il n'y a réflexion totale que lorsque le pare-brise est sec.
- C.5 En réalité, le pinceau de lumière subit plusieurs réflexions sur le pare-brise avant d'atteindre la diode réceptrice. Compléter le **document réponse DR3 à rendre avec la copie** en représentant, quand ils existent, les rayons réfractés.
- C.6 Compléter le tableau du **document réponse DR4 à rendre avec la copie** concernant le bilan du fonctionnement du détecteur de pluie.

ANNEXE C : l'amélioration de la visibilité

C1 – Capteur de pluie

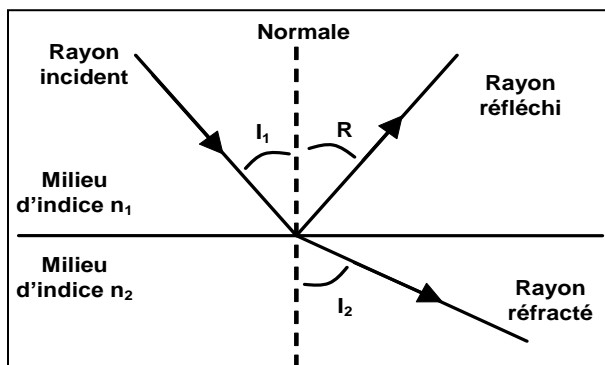
Souvent couplé au capteur de luminosité, le capteur de pluie est installé en haut du pare-brise. Il permet de déclencher automatiquement les essuie-glaces et d'adapter la vitesse de balayage en fonction de l'intensité de la pluie. Pour détecter la présence d'eau, le capteur de pluie utilise des diodes. Celles-ci émettent un faisceau infrarouge, qui se réfléchit sur la surface extérieure de la vitre. D'autres diodes reçoivent cette lumière infrarouge réfléchi. Si le pare-brise est sec, la réflexion est totale. En présence d'eau, la réflexion est partielle, la quantité de lumière réfléchi est donc moins importante (les gouttes d'eau absorbant une partie de la lumière émise). L'information est transmise à un ordinateur qui adapte en permanence le rythme du balayage à l'intensité de la pluie. Ce capteur peut aussi commander la fermeture du toit ouvrant et des vitres électriques.

D'après : <http://www.automobile-magazine.fr>

C2 – Diodes émettrices et réceptrices

Diodes émettrices	Longueur d'onde (nm)	Diodes réceptrices	Plage de sensibilité (nm)	Pic de sensibilité (nm)
Modèle 1	565	Modèle A	320 à 1000	760
Modèle 2	470	Modèle B	420 à 675	565
Modèle 3	940	Modèle C	430 à 1100	900
Modèle 4	660			

C3 – La réflexion totale

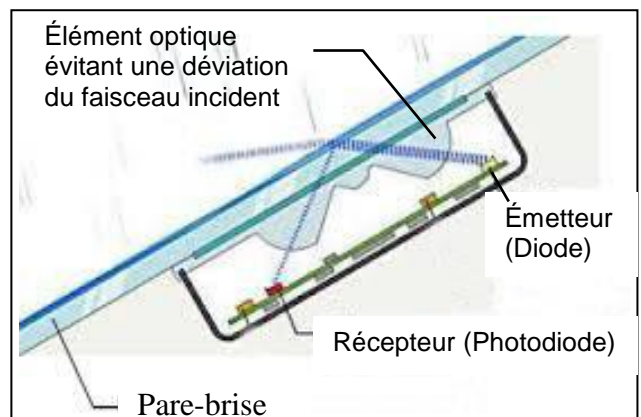


I_1 : angle d'incidence
 I_2 : angle de réfraction
 R : angle de réflexion

Il existe un angle d'incidence limite I_{1L} au-dessus duquel le rayon réfracté n'existe plus. On a alors une réflexion totale.

$$\sin I_{1L} = \frac{n_2}{n_1}$$

C4 – Détecteur de pluie simplifié



D'après : <http://montages-schema-electronique.blogspot.fr>

Indice optique du verre : $n_{\text{Verre}} = 1,5$

Indice optique de l'eau : $n_{\text{Eau}} = 1,3$

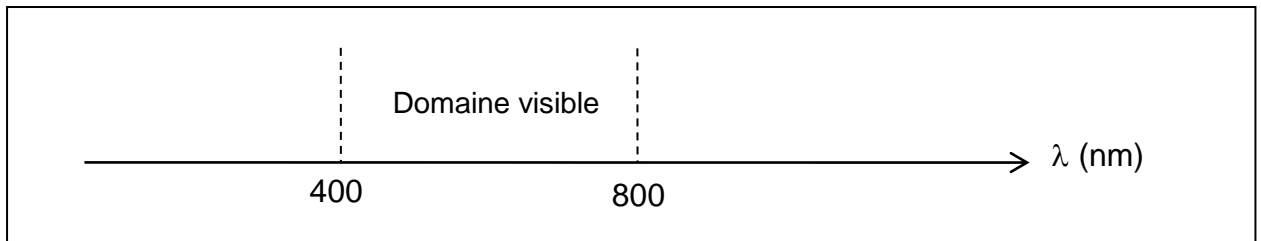
Indice optique de l'air : $n_{\text{Air}} = 1,0$

DOCUMENTS REPONSES A RENDRE AVEC LA COPIE

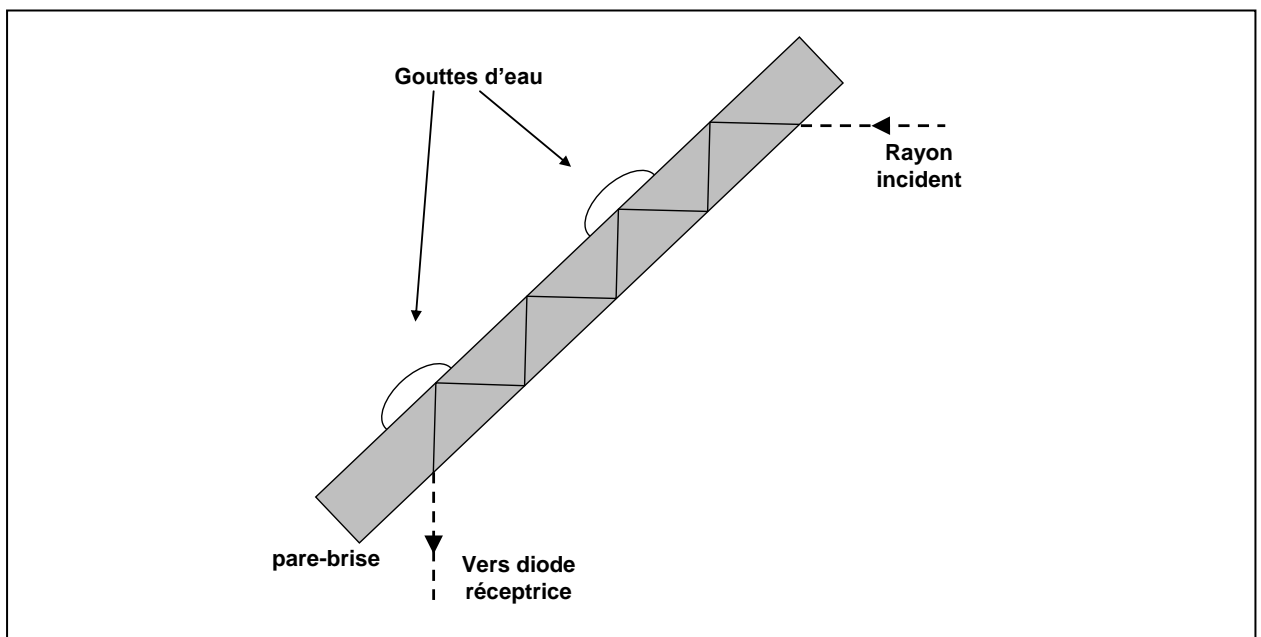
DR1 – Bilan du contrôle de la consommation de carburant

Proportion du mélange (en g)		Qualité du mélange (pauvre / riche / optimal)	Valeur de lambda (λ)	Tension envoyée au calculateur (en V)	Correction sur le Carburant injecté (hausse / baisse / maintien)
Air	Carburant				
14,7			1		
16,1	1,00				
	1,00		0.9		

DR2 – Extrait du spectre électromagnétique



DR3 – Réflexion et réfraction sur le pare-brise



DOCUMENTS REPONSES A RENDRE AVEC LA COPIE

DR4 – Bilan de fonctionnement du détecteur de pluie

État du pare-brise	Réflexions sur le pare-brise (partielles / totales / les deux)	Intensité lumineuse reçue par la diode réceptrice (maximale, minimale, moyenne)	Balayage des essuie-glaces (arrêt, rapide, lent)
Sec			
Faiblement mouillé (quelques gouttes)			
Fortement mouillé			