

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2013

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

**SUJET TRAITÉ EXCLUSIVEMENT PAR
LES CANDIDATS SE PRÉSENTANT POUR LA PREMIÈRE FOIS
AUX ÉPREUVES TERMINALES DU BACCALAURÉAT
(LES REDOUBLANTS COMPOSENT SUR UN AUTRE SUJET)**

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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

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

La page 7/10 où figure le document réponse est à rendre avec la copie.

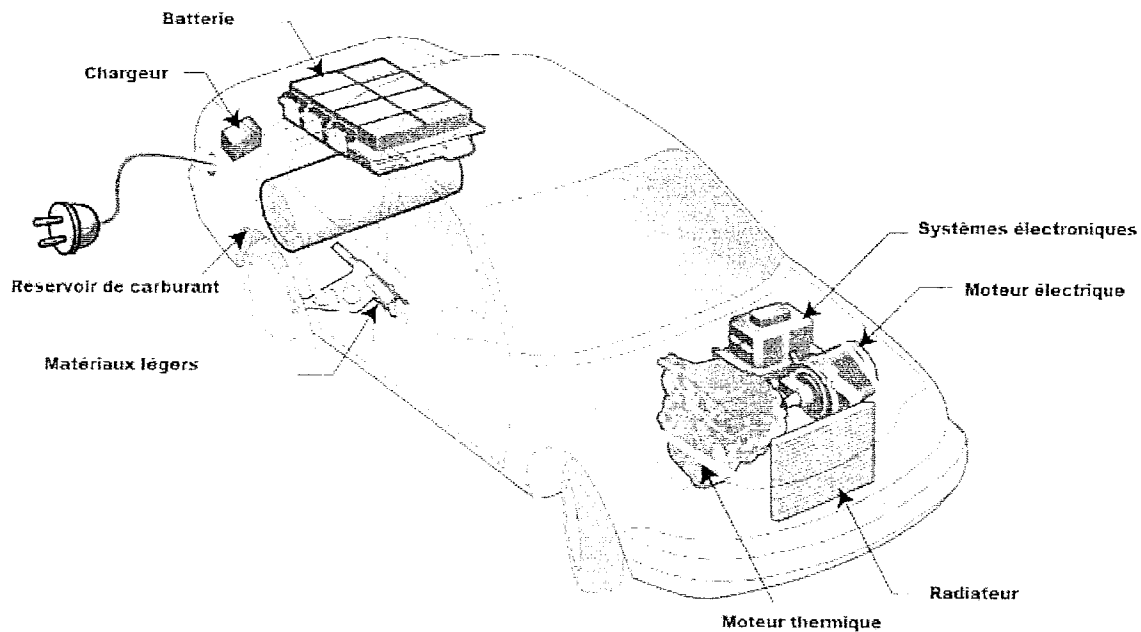
Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

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.

LUTTE CONTRE L'EMISSION DES GAZ A EFFET DE SERRE : LA VOITURE HYBRIDE

La réflexion visant à réduire l'utilisation d'énergie fossile pour les véhicules légers tend à considérer la technologie Mild-Hybrid comme une bonne solution à court terme. Les autres solutions sont actuellement pénalisées par le coût de fabrication et de recyclage ainsi que par l'autonomie des accumulateurs.



Les deux premières parties du sujet se proposent de mettre en évidence l'intérêt de la technologie hybride par rapport à celle du véhicule purement thermique. La dernière partie traite plus particulièrement de l'utilisation du véhicule hybride en mode tout électrique.

Le sujet comporte trois parties :

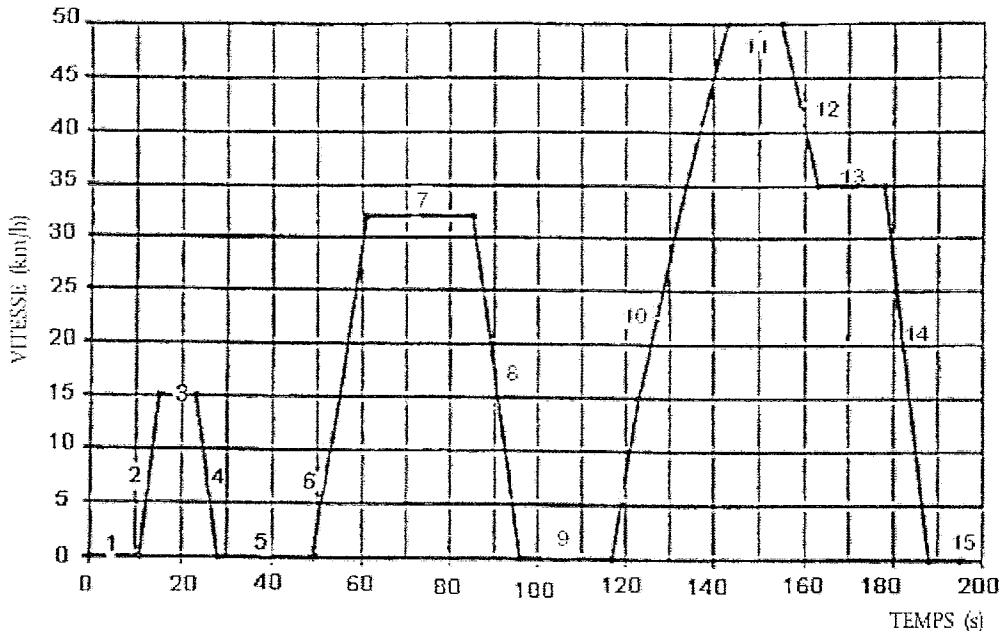
Partie A : Etude du comportement d'un véhicule hybride.

Partie B : Etude du moteur thermique.

Partie C : Etude autour de la consommation du moteur thermique.

PARTIE A : ETUDE DU COMPORTEMENT D'UN VEHICULE HYBRIDE.

Le New European Driving Cycle (ou cycle NEDC) est un cycle de conduite automobile conçu pour imiter de façon reproductible les conditions rencontrées sur les routes européennes. Il est principalement utilisé pour la mesure de la consommation et des émissions polluantes des véhicules.



Cycle urbain élémentaire (195 s)

Source : règlement n° 101 de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe, CEE-ONU.

Dans cette partie on néglige les forces de résistance au roulement et les forces de résistance aérodynamique.

A.1 - Etude mécanique :

Pour les questions A.1.1 et A.1.2, on se limite à l'étude d'une portion du cycle de la phase 5 incluse à la phase 9 incluse.

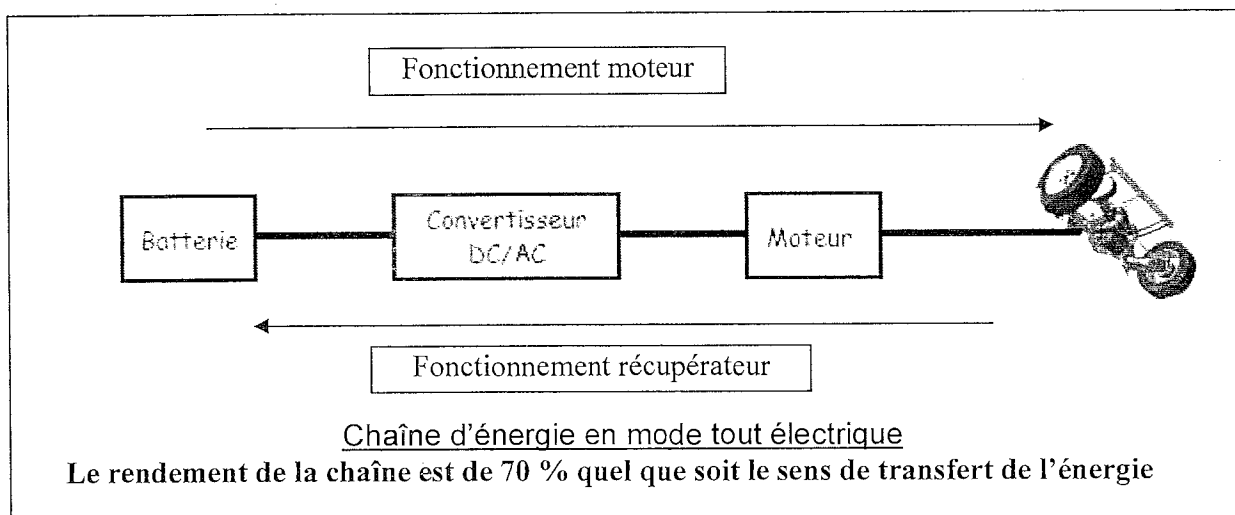
- A.1.1** Compléter la colonne 2 (type de phase) du tableau récapitulatif du **document réponse page 7/10** en précisant s'il s'agit d'une accélération, d'une vitesse stabilisée ou d'une décélération.
- A.1.2** On note a l'accélération d'un véhicule dont la variation de vitesse est Δv sur la durée Δt .
- Donner la relation qui relie a à Δv et Δt .
 - Préciser les unités de la relation précédente.
 - Compléter la troisième colonne du tableau récapitulatif du **document réponse page 7/10** en donnant le détail des calculs.
- A.1.3** Expliquer à partir du graphique du cycle urbain élémentaire donné ci-dessus, comment repérer la phase pour laquelle l'accélération du véhicule est la plus importante.

A.1.4 Pendant la phase 6, on relève la puissance motrice P en fonction de la vitesse v . Déterminer à l'aide du graphe de $P=f(v)$ en **annexe 1 page 8/10**, la puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6.

A.1.5 Vérifier, en vous servant du tableau des caractéristiques du véhicule donné en **annexe 1 page 8/10**, que le moteur électrique est capable à lui seul de garantir cette force motrice jusqu'à la fin de la phase 6.

A.2 - Etude de la récupération de l'énergie :

Lors d'une phase de ralentissement, le moteur électrique fonctionne en génératrice afin de recharger les batteries. La chaîne d'énergie en mode tout électrique est représentée ci-dessous :



- A.2.1** La relation qui permet de calculer l'énergie cinétique est : $E_c = \frac{1}{2} . m . v^2$.
Calculer la valeur de l'énergie cinétique du véhicule étudié (**voir annexe 1 page 8/10**) dans la **phase 7**.
- A.2.2** En utilisant la chaîne d'énergie en mode tout électrique, calculer l'énergie électrique E_E qui sera récupérée durant la **phase 8**.
- A.2.3** Quelle relation peut-on utiliser pour calculer l'énergie perdue E_P durant la **phase 8** ?
 $E_P = E_C - E_E$ $E_P = E_C / E_E$ $E_P = E_E / E_C$ $E_P = 0,3 . E_C$
- A.2.4** Calculer les valeurs de E_P pour le véhicule étudié (**voir annexe 1 page 8/10**) puis pour un véhicule de masse 2000 kg.
- A.2.5** Comment évolue la valeur de l'énergie perdue lorsque la masse du véhicule augmente ? Justifier pourquoi on cherche à avoir un véhicule hybride le plus léger possible.
- A.2.6** Expliquer pourquoi les véhicules hybrides n'ont que peu d'intérêt dans le cas d'une utilisation autoroutière.

PARTIE B : ETUDE DU MOTEUR THERMIQUE.

B.1 - Le carburant :

Le moteur dit « fuel-flex » permet de fonctionner avec un carburant contenant un mélange d'essence et d'éthanol en diverses proportions.

L'E85 (15 % d'essence + 85 % d'éthanol) a un pouvoir calorifique de $24,6 \text{ MJ.L}^{-1}$ contre $35,5 \text{ MJ.L}^{-1}$ pour l'essence SP95.

Données :

Masse volumique de l'éthanol à 15°C : $0,793 \text{ kg.L}^{-1}$

Masse molaire de l'éthanol : 46 g.mol^{-1}

Masse molaire du dioxyde de carbone : 44 g.mol^{-1}

PCI volumique de l'éthanol : $22,6 \text{ MJ.L}^{-1}$

PCI molaire de l'éthanol : $1,31 \text{ MJ.mol}^{-1}$

PCI : pouvoir calorifique inférieur

Dans les véhicules thermiques, lors de la transformation, les produits de la combustion sont expulsés principalement sous forme gazeuse. Si à froid un moteur peut condenser les gaz d'échappement, ce changement d'état n'apporte pas d'énergie utile.

- B.1.1** En vous aidant de l'extrait du bulletin officiel de la république française fourni **en annexe 1 page 8/10**. Expliquer que l'on ne prene en compte que le PCI dans l'apport énergétique du véhicule.
- B.1.2** Compléter dans le **document réponse page 7/10** l'équation de la combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène, produisant du dioxyde de carbone et de l'eau.
- B.1.3** Donner les détails du calcul qui permet de retrouver la valeur du pouvoir calorifique inférieur volumique (PCI) de l'éthanol exprimé en kJ.L^{-1} à l'aide de son pouvoir calorifique inférieur molaire.
- B.1.4** Calculer la masse de CO_2 libérée pour la combustion d'un litre d'éthanol.
- B.1.5** La combustion d'un litre d'E85 rejette $1,65 \text{ kg}$ de CO_2 . En vous servant de l'étiquetage énergétique de **l'annexe 2 page 9/10**, déterminer la classe énergétique du véhicule dont la consommation moyenne en E85 est de $5,5 \text{ L} / 100 \text{ km}$.
- B.1.6** Donner une estimation de la consommation moyenne en SP95 du même véhicule.

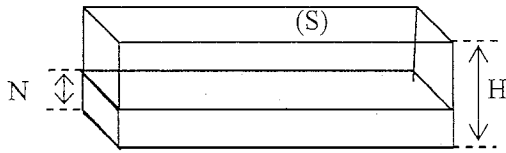
B.2 - La chaîne énergétique :

- B.2.1** Compléter, en justifiant chaque valeur, la chaîne énergétique du moteur thermique dans le **document réponse page 7/10**.
- B.2.2** Quelle différence de principe existe-t-il entre une chaîne énergétique d'un véhicule thermique et celle d'un véhicule hybride ?

PARTIE C : ETUDE AUTOUR DE LA CONSOMMATION DU MOTEUR THERMIQUE.

Les constructeurs ont développé des systèmes permettant l'affichage de la consommation du véhicule. Le conducteur dispose donc de cette information en temps réel.

C.1 - Principe de la mesure de la consommation instantanée par relevé du niveau dans le réservoir :



Pour simplifier la démarche, on considère que le réservoir est de section de surface $S = 0,2 \text{ m}^2$ et de hauteur H . Le niveau de carburant dans le réservoir est noté N .

- C.1.1 Exprimer le volume de carburant V en fonction du niveau N et de la surface S .
- C.1.2 La consommation moyenne du véhicule est de $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Au bout d'une heure, quelle sera la baisse de niveau ΔN dans le réservoir ?
- C.1.3 La mesure de la consommation instantanée est rafraîchie toutes les secondes. Pour une seconde de consommation, quelle sera la baisse de niveau ΔN_{inst} dans le réservoir ?

C.2 - Faisabilité du principe :

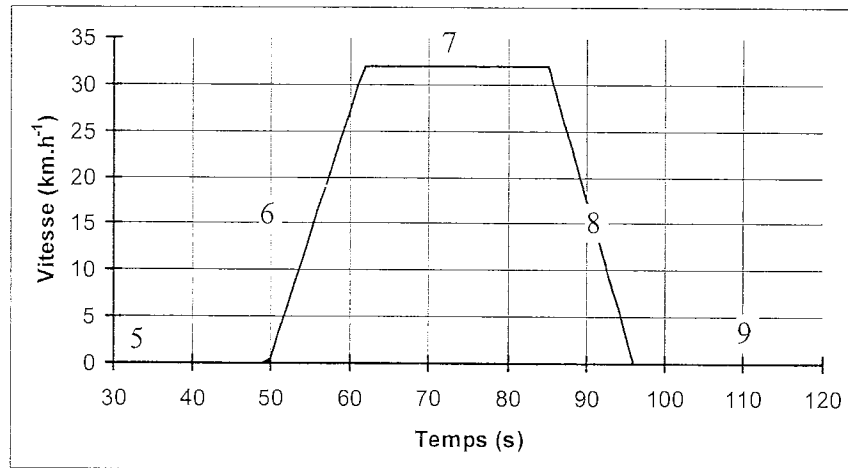
- C.2.1 Le capteur utilisé possède une précision de 1 % de l'échelle maximum (l'échelle maximum correspond à la hauteur $H = 30 \text{ cm}$ du réservoir). Calculer l'incertitude ΔN_{capt} liée à la mesure du niveau par le capteur.
- C.2.2 Peut-on déterminer la consommation instantanée à partir de la mesure du niveau dans le réservoir ? (Justifier)

C.3 - Etude d'une solution alternative :

- C.3.1 Exprimer la consommation moyenne du véhicule en $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$.
- C.3.2 Une mesure sur banc d'essai a montré que le débit maximum est de $0,4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. A l'aide du document constructeur **en annexe 2 page 9/10** choisir la référence du capteur, indiquer le facteur K correspondant.
- C.3.3 En vous aidant du document constructeur **en annexe 2 page 9/10**, compléter sur le **document réponse page 7/10** la nature des grandeurs d'entrée et de sortie du capteur.
- C.3.4 Pour valider le choix et le bon fonctionnement du capteur dans les conditions d'utilisation, on réalise un essai pour une consommation de $92 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. Le résultat est enregistré sous forme d'un graphique $U_s(t)$, tension en fonction du temps, donné en **annexe 2 page 10/10**.
 - a) Quelle est la fréquence de $U_s(t)$?
 - b) Déterminer le nombre d'impulsions par minute à l'aide de cette fréquence.
 - c) En vous servant de la documentation constructeur, donner la définition du facteur K .
 - d) L'essai est-il satisfaisant ? Justifier.

A.1.1
A.1.2.c

DOCUMENT REPONSE (à rendre avec la copie)

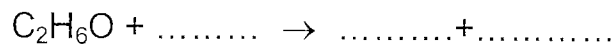


Cycle urbain élémentaire

| Phase N° | Type de Phase | Accélération (m.s ⁻²) | Vitesse (km.h ⁻¹) | Durée de la phase (s) | Temps total (s) |
|----------|---------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|
| 5 | Arrêt | | 0 | 21 | 49 |
| 6 | | | 0-32 | 12 | 61 |
| 7 | | | 32 | 24 | 85 |
| 8 | | | 32-0 | 11 | 96 |
| 9 | Arrêt | | 0 | 21 | 117 |

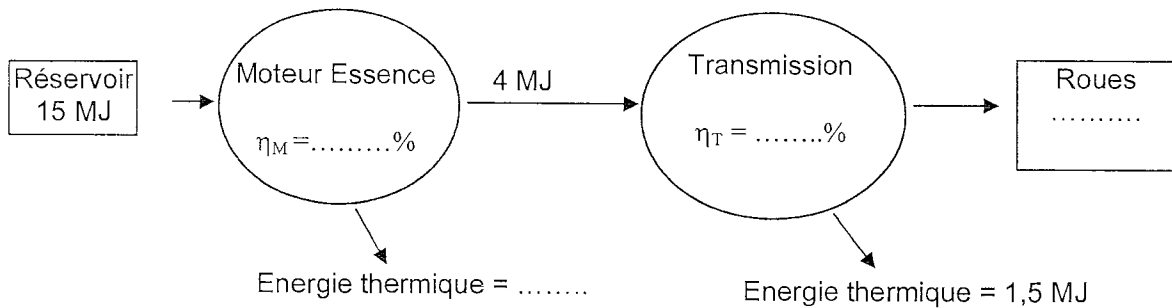
Tableau récapitulatif

B.1.2



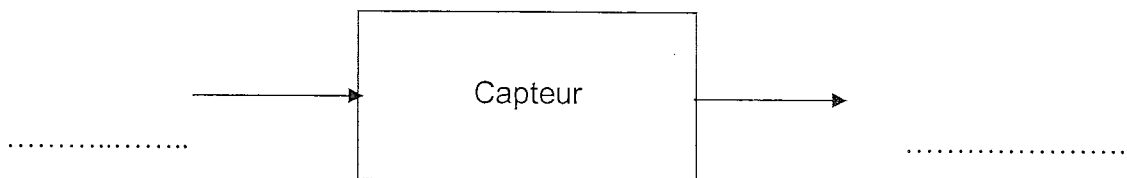
Equation de la combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène

B.2.1







Chaîne énergétique du moteur thermique

C.3.3

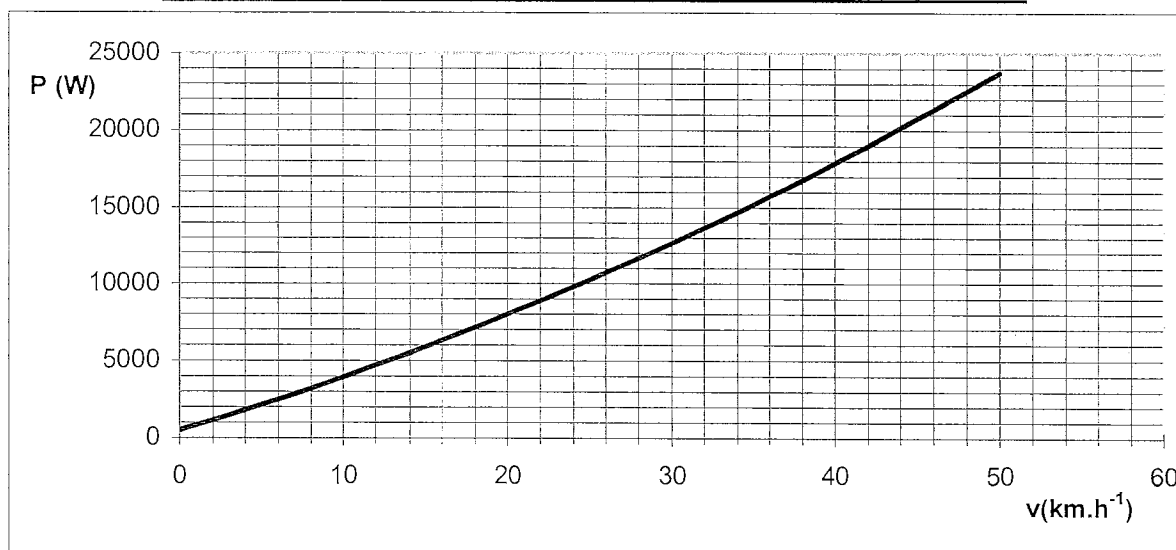


ANNEXE 1

Caractéristiques du véhicule

| | | |
|---|-----------------------------|------------------------|
| Véhicule  | Type | <i>Mid-hybrid</i> |
| | Masse totale | 1073 kg |
| Moteur thermique  | Type | 1.3 Essence |
| | Puissance max | 54 kW |
| | Couple max (régime) | 120 Nm (à 3300 tr/min) |
| Machine électrique  | Puissance max | 15 kW |
| | Couple max (min) | 84 N.m (-70 N.m) |
| Batterie  | Type | NiMH |
| | Tension / Capacité nominale | 42 V / 36 A.h |
| | Courant max (min) | 500 A (-350 A) |
| | masse | 33 kg |

Puissance motrice en fonction de la vitesse pour la phase 6



Extrait du bulletin officiel de la république française

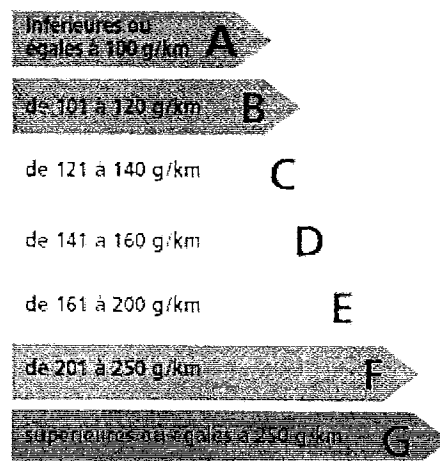
Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) donne le dégagement maximal théorique de la chaleur lors de la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite lors de la combustion.

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des combustibles exclut de la chaleur dégagée la chaleur de condensation de l'eau supposée restée à l'état de vapeur à l'issue de la combustion.

Source : bulletin officiel de la république française du 28 septembre 2006

ANNEXE 2

Émissions de CO₂ faibles



Émissions de CO₂ élevées

Étiquetage énergétique des véhicules

Au cœur du capteur se trouve une turbine tournant librement et sur laquelle se trouvent des aimants. La vitesse de rotation de la turbine est proportionnelle au débit volumique du carburant. Cette vitesse de rotation est relevée indirectement par mesure de la fréquence d'impulsion du signal de sortie du capteur. Une impulsion est générée par le passage d'un aimant devant un capteur de champ magnétique. Le facteur K est le nombre d'impulsions générées par le capteur pour un litre de carburant.

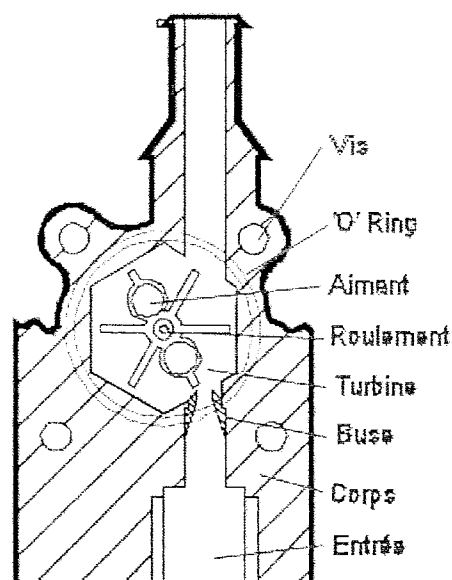


Tableau des différents capteurs en fonction de l'étendue de mesure

| Référence | Diamètre de buse (mm) | Plage de mesure (L.min ⁻¹) | Facteur K |
|-----------|-----------------------|--|-----------|
| 803 | 1 | 0,05 – 0,5 | 17000 |
| 815 | 2 | 0,12 – 1,5 | 7000 |
| 845 | 3 | 0,2 – 4,5 | 3500 |
| 865 | 4 | 0,25 – 6,5 | 2100 |
| 810 | 6 | 0,3 - 10 | 1330 |

ANNEXE 2 (SUITE)

Enregistrement de l'essai de bon fonctionnement du capteur de débit

