

Rendement d'une voiture



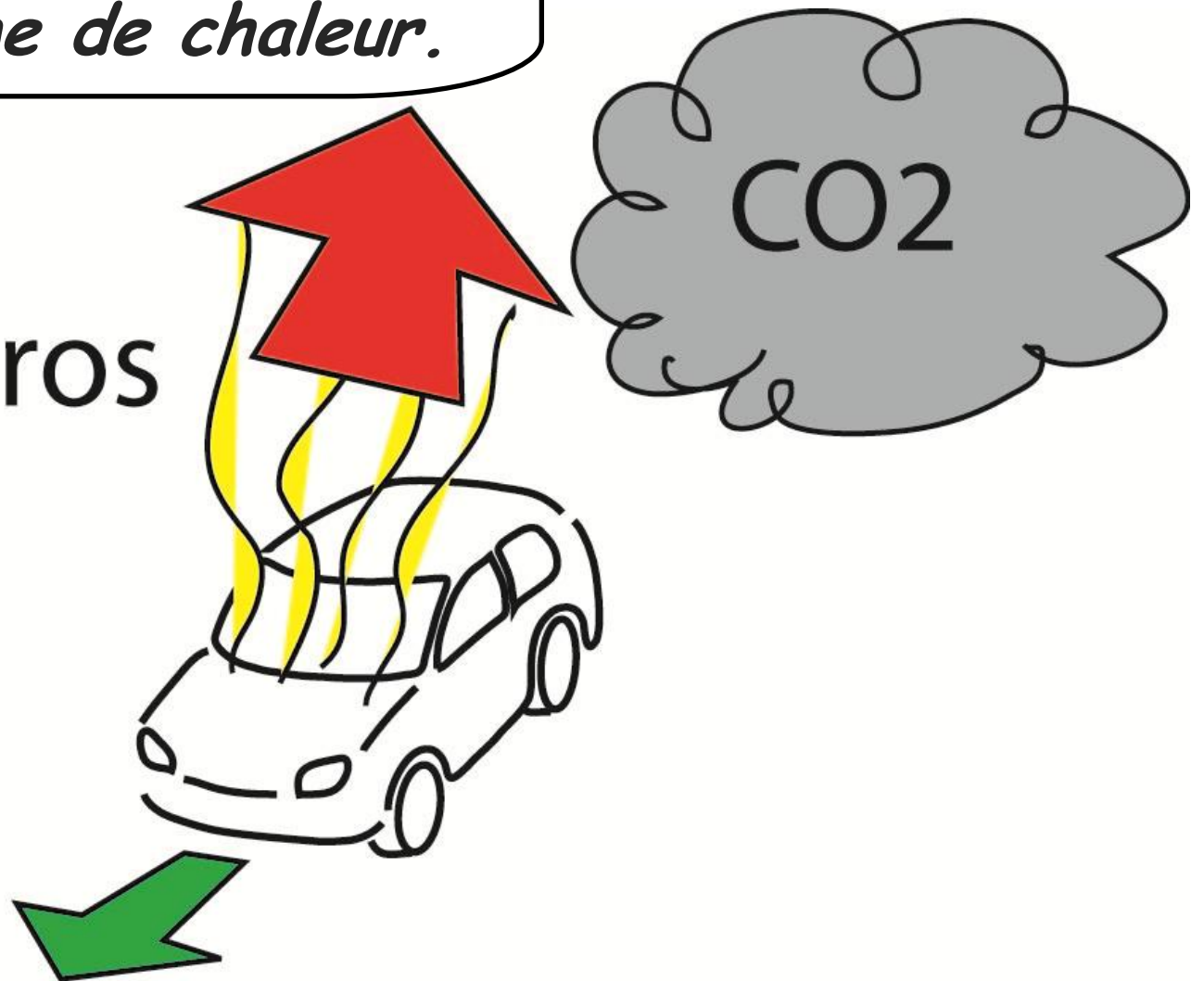
www.HKW-aero.fr

© Michel Kieffer 2009/17 Indice D1 le 26.10.2017

L'énergie consommée par nos voitures est pour l'essentiel perdue sous forme de chaleur.



euros

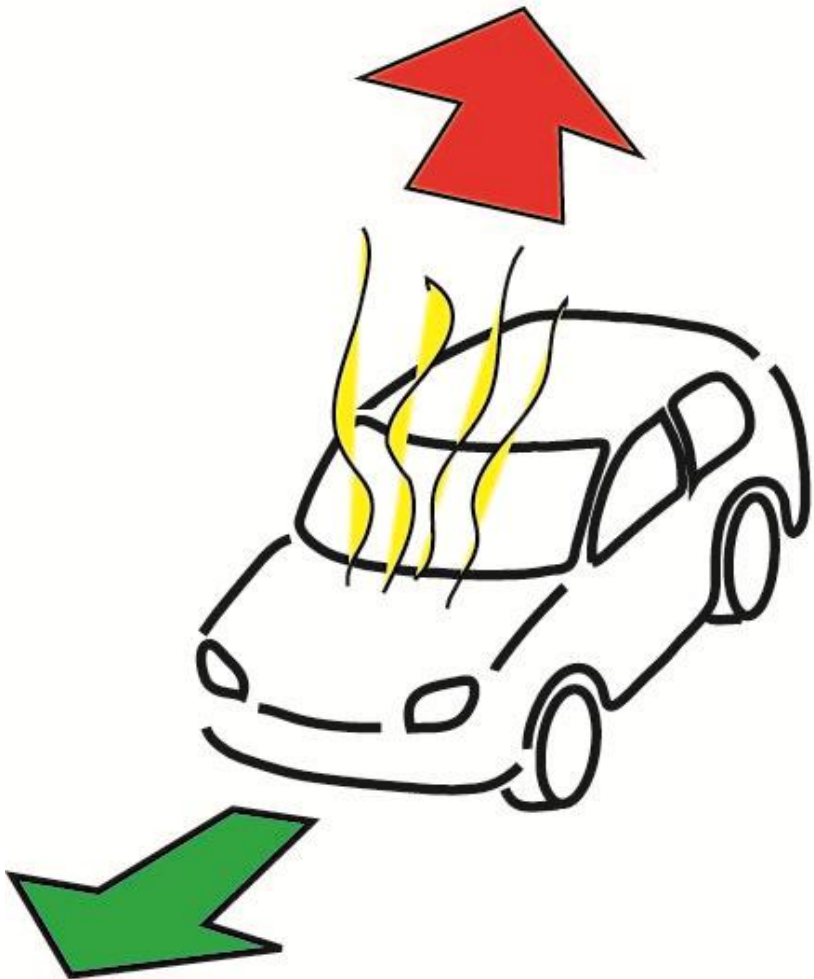


*Ceci est bien dommage,
autant pour des raisons
écologiques que pour l'aspect
gaspillage des ressources.*

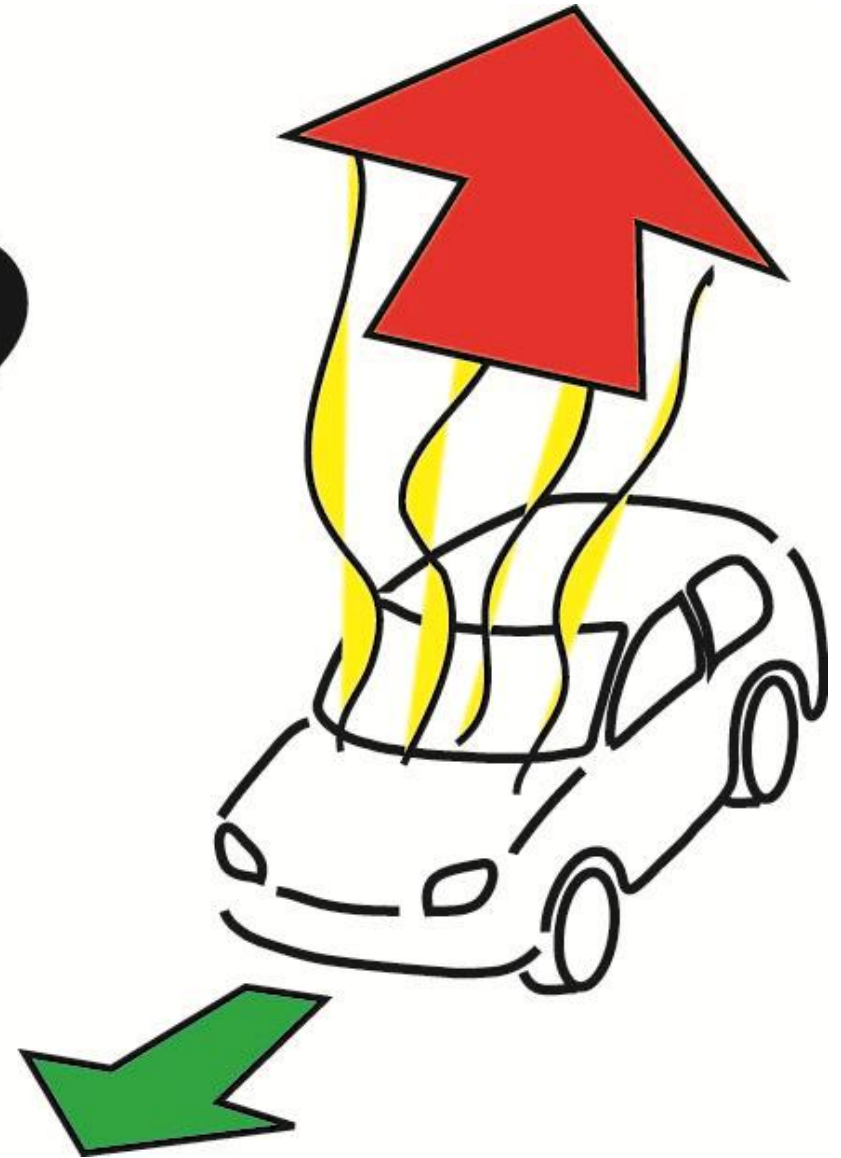
*Mais quelle est le
niveau de ces pertes
d'énergie ?*



Est-ce « peu » ou « beaucoup » ?



?



...tout dépend du rendement de nos moteurs.

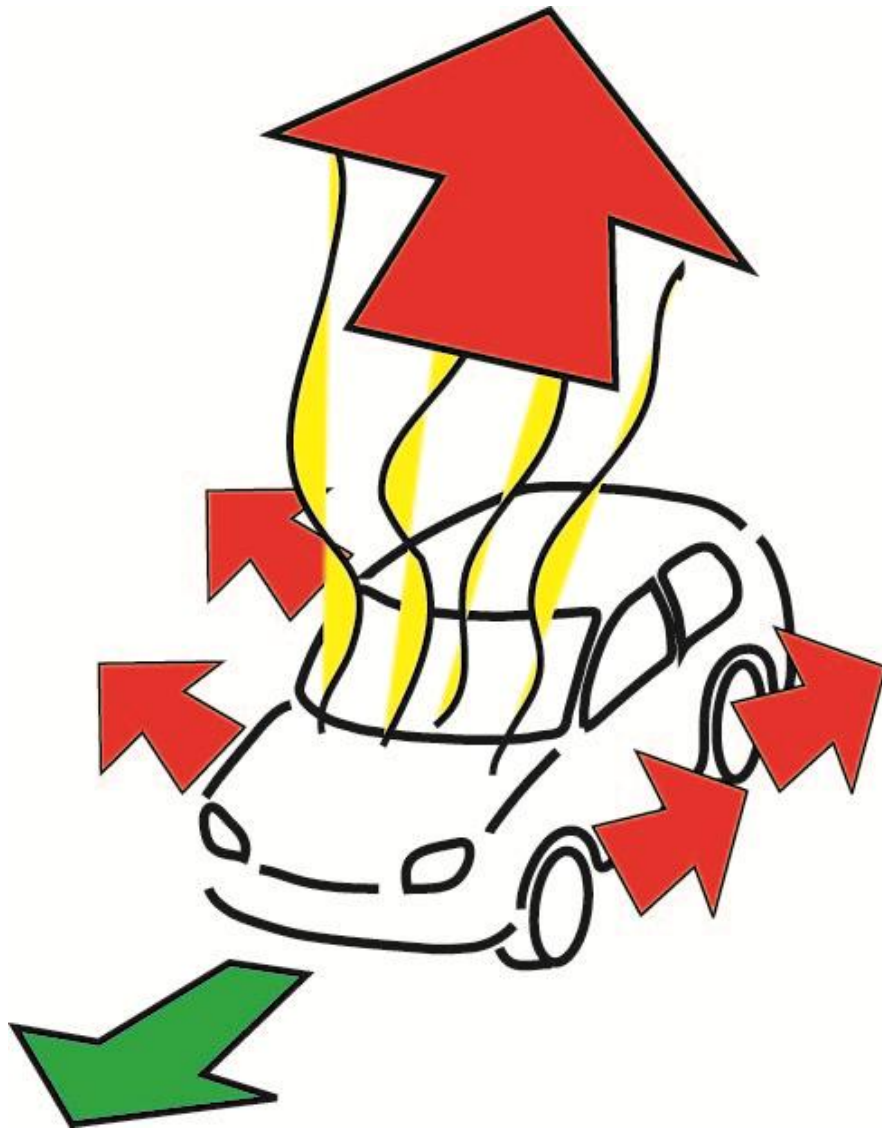


*Nos fabirquant de moteurs
affichent des rendements
d'environ 30% pour nos
moteurs à essence, et de
35% en moyenne pour nos
moteurs diesels.
Mais ces chiffres sont
obtenus dans les meilleures
conditions de fonctionnement.*

Pratiquement, les rendements réels sont largement inférieurs aux 30/35% affichés.

Ceci notamment parce que le moteur ne fonctionne que rarement dans sa plage de rendement optimale (faible charge, accélérations, moteur froid...).



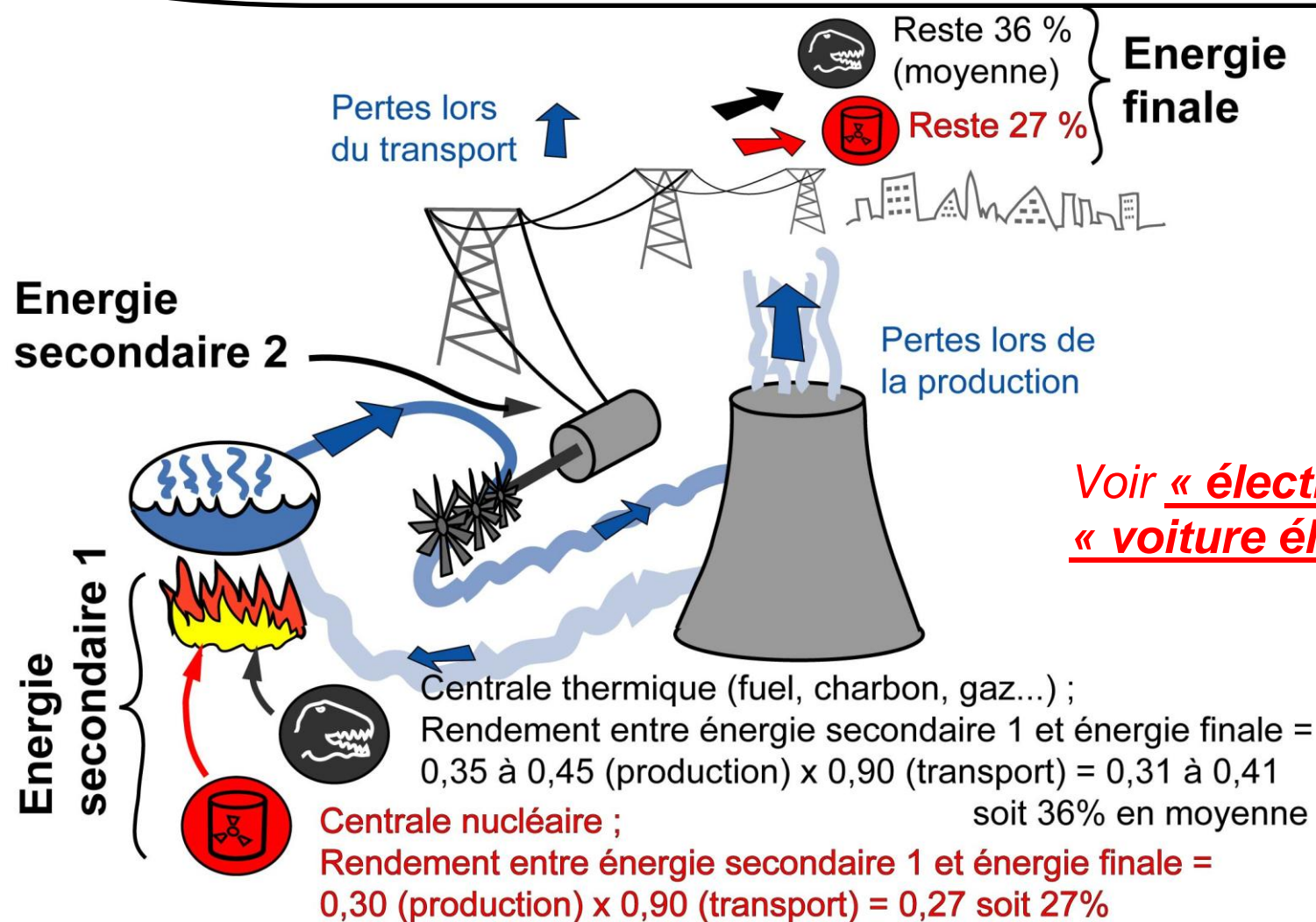


*De plus, il faut
rajouter, aux pertes
du moteur, les pertes
occasionnées par la
transmission, par le
freinage...*



*C'est-à-dire qu'il
faudrait parler de
rendement de
l'ensemble de la voiture
plutôt que du
rendement du seul
moteur.*

Quant aux moteurs électriques, ils ont un bon rendement mais la chaîne de production d'électricité a un rendement peu élevé :



Voir « électricité et CO2 » et « voiture électrique et CO2 »



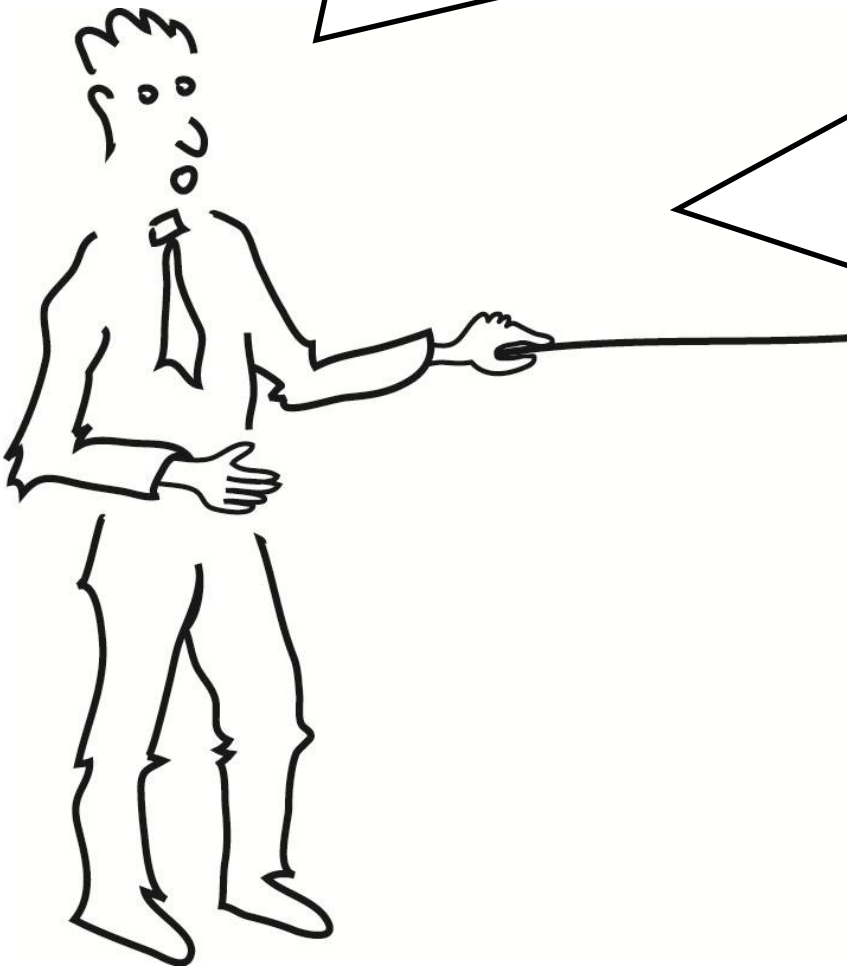
*Après ces quelques remarques,
retrons dans le vif de sujet :
comment connaître le
rendement d'une voiture, que
son moteur soit thermique,
électrique... ?*

Notons qu'à caractéristiques constantes d'un véhicule, l'énergie utile (E_u) est identique quel que soit le type de motorisation (thermique, électrique...).

*Il nous faut réaliser la division :
énergie utile au déplacement (Eu) /
énergie consommée (Ec).*

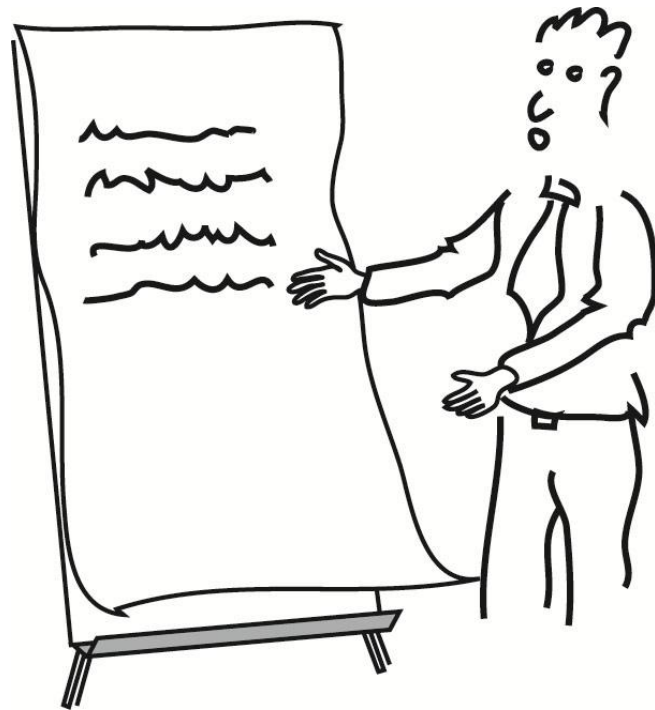
$$\text{rendement} = \frac{\text{↑}}{\text{↑}} = \frac{\text{Eu}}{\text{Ec}}$$

Ec est facile à connaître, il suffit de connaître la consommation du véhicule pour un usage donné...



...mais il en va autrement pour Eu. Pourquoi ? Eu dépend de différents paramètres liés aux parcours et aux caractéristiques du véhicule.

La manière de déterminer E_u est détaillée dans le document « énergie utile au déplacement d'une voiture ».



Application pratique...

Energie utile (Eu) pour une voiture compacte Européenne à moteur diesel :*

S = surface projetée frontale = 2,2 m²

Cx = coefficient d'efficacité aérodynamique = 0,32

m = masse de référence = masse à vide 1390 kg
(plein à 90% compris) + 100 kg de charge = 1490 kg*

Cr = coefficient de résistance au roulement = 0,012



Eu cycle Européen NEDC =

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{S.Cx.19,2 \quad + \quad Cr.m.0,82 \quad + \quad m.0,011 =} \\
 & \mathbf{2,2m^2.0,32.19,2 + 0,012.1490kg.0,82 + 1490kg.0,011 =} \\
 & \mathbf{13,5 \text{ MJ} + 14,7 \text{ MJ} + 16,4 \text{ MJ} = 44,6 \text{ MJ au cent}}
 \end{aligned}$$

* Il s'agit de moyennes, voir document « données de calculs ».

Déterminons l'énergie consommée pour notre voiture référence : 6,4 litres de gasoil au cent ; masse volumique 0,85 ; 43 MJ/kg.*



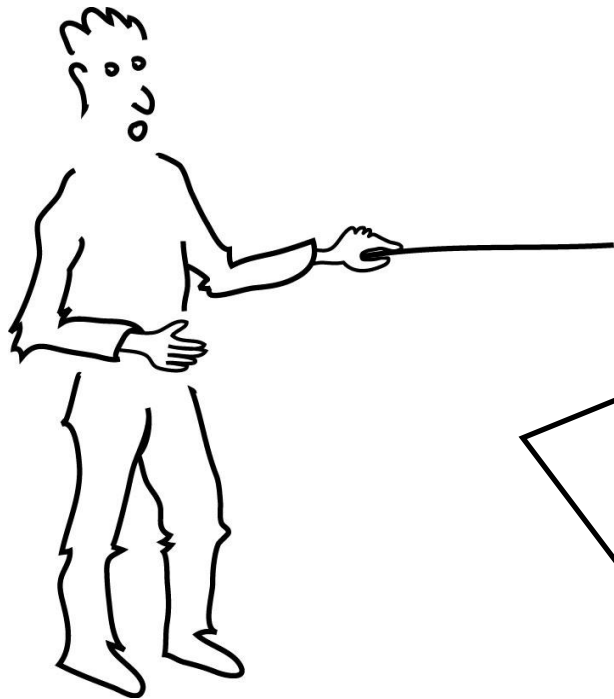
$$\text{Ec cycle Européen NEDC} = 6,4 \cdot 0,85 \cdot 43 = 234 \text{ MJ au cent}$$

* Voir document « données de calculs ».

...ce qui nous permet de déterminer le rendement de notre voiture diesel référence :

$$\text{Rendement cycle Européen NEDC} = 44,6 / 234 = 0,191$$



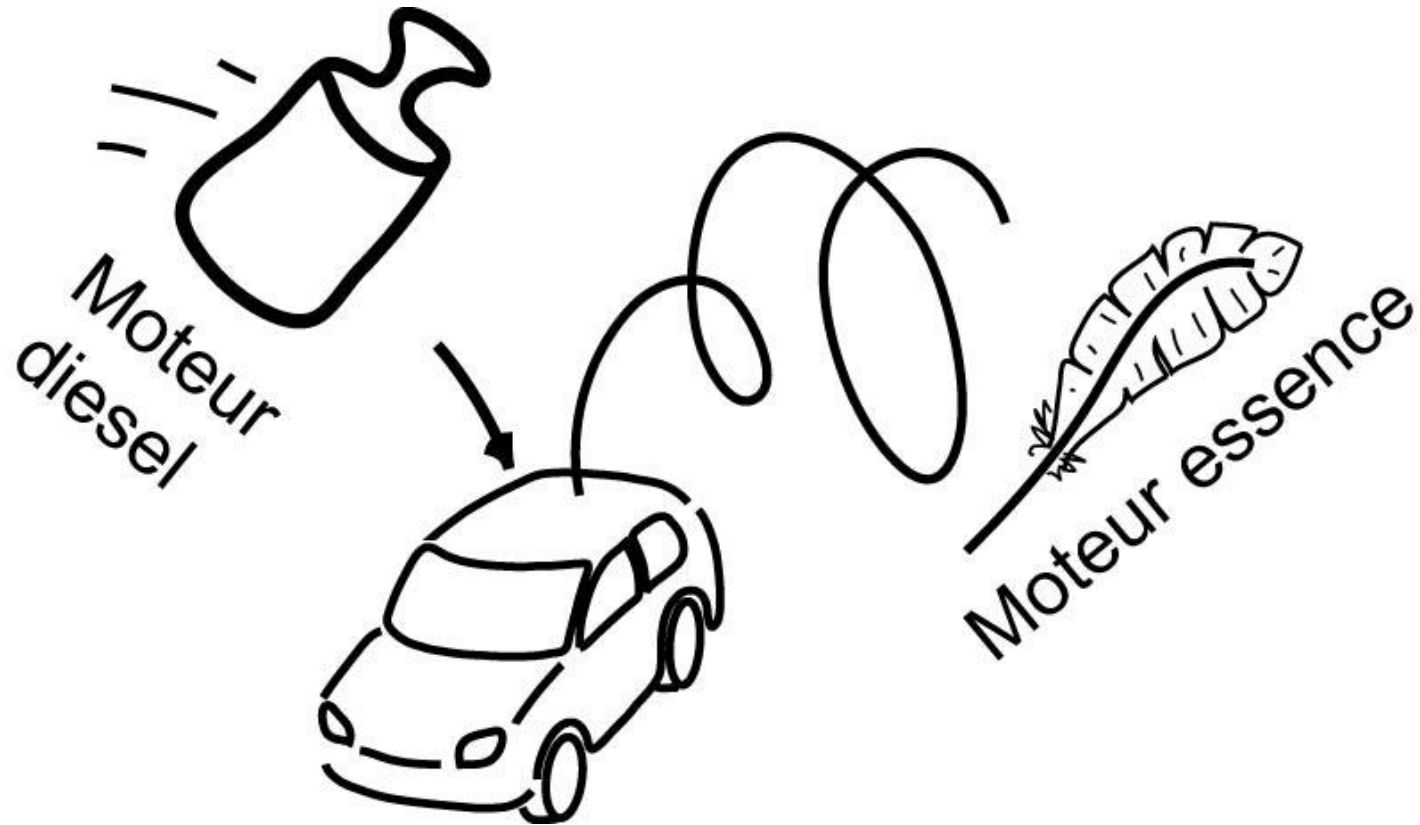


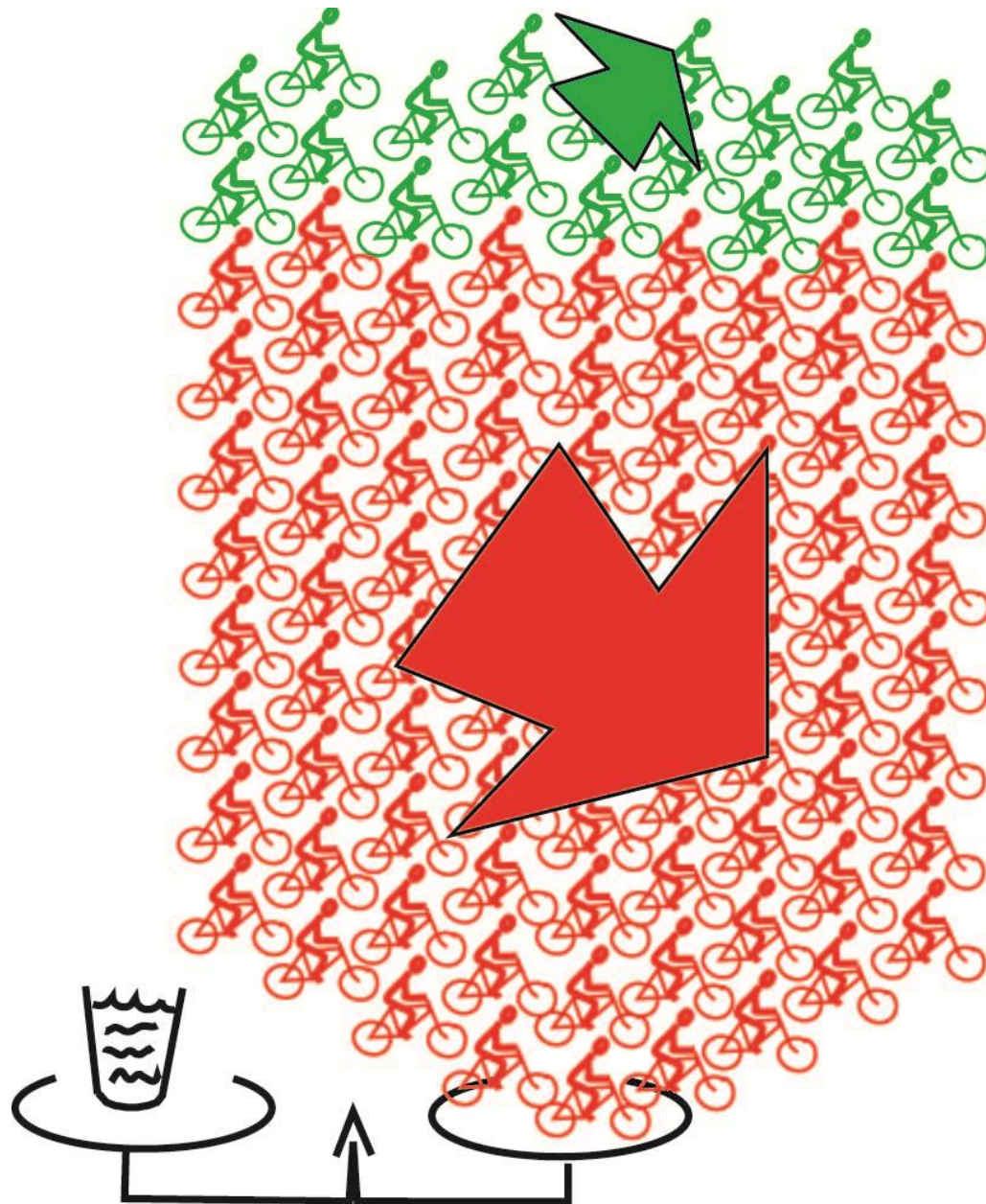
Nous pouvons déterminer le rendement des voitures essences sur cycle NEDC de la même manière. Seules les données changent. Le rendement obtenu est inférieur à celui d'un véhicule diesel : 15,5% au lieu de 19,1%.*

A noter que les rendements se déterminent avec les énergies (Joules au cent) et non avec des volumes (litres au cent).

* Voir annexe.

Mais attention, le rendement du véhicule diesel est certes meilleur mais est en partie perdu pour cause de masse plus élevée du véhicule diesel !





*Résumons, une
voiture, c'est
avant tout des
pertes...*

Voir 1 kg de carburant
fossile = 100 cyclistes
pendant une heure dans
« énergie fossile,
alternatives et illusions »



En conclusion, rappelons nous que les rendements de nos véhicules ne sont pas très élevés. Il nous faut donc agir sur les causes qui mobilisent de l'énergie, à savoir la masse et l'aérodynamique tel que développé dans les autres documents.

FIN

Annexe 1 : rendement moyen d'une voiture ESSENCE.

Nota : l'énergie utile au déplacement d'une voiture diesel est développée dans le document « énergie utile au déplacement d'une voiture ».

➤ **Energie consommée (Ec) :**

- Données et hypothèses pour une compacte* : consommation moyenne pour une compacte essence sur cycle Européen NEDC : 8,3 litres au cent à la masse de référence (cf. norme).

- **Ec** pour réaliser 100 km = 8,4 litres x 0,74 (masse volumique essence) x 44 MJ/kg essence = **273,5 MJ au cent.**

➤ **Energie utile au déplacement* (Eu) en MJ au cent suivant cycle Européen NEDC** =**

énergie pour vaincre la traînée aérodynamique $\approx S.C_x.19,2$ + énergie pour vaincre la résistance au roulement et pour accélérer $\approx m.(C_r.0,82 + 0,011)$
[énergie pour accélérer $\approx m.0,011$] \Leftrightarrow

$$\text{Eu en MJ au cent sur cycle NEDC} = S.Cx.19,2 + m.Cr.0,82 + m.0,011$$

- Données et hypothèses pour une compacte* :

S = surface projetée frontale = 2,2 m²

Cx = coefficient d'efficacité aérodynamique = 0,32

m = masse de référence** = masse à vide** 1286 kg (comprend le plein à 90%)
+100 kg = 1386 kg

Cr = coefficient de résistance au roulement = 0,012 ⇒

$$\text{Eu} = 2,2 \text{ m}^2 \times 0,32 \times 19,2 + \underline{1386} \times 0,012 \times 0,82 + \underline{1386} \times 0,011 = \mathbf{42,4 \text{ MJ au cent.}}$$

➤ Rendement moyen d'une voiture ESSENCE (Rv) ; :

$$\text{Rv} = \text{Eu} / \text{Ec} = 42,4 / 273,5 = 0,157 = 15,5\%^{***}$$

* Voir « énergie utile au déplacement d'une voiture »

** Voir « données de calculs »

Annexe 2 : comparaison des rendements

Véhicule	Rendements	Consommations <u>en MJ</u> au cent
Essence	15,5	273,5
Diesel	19,1	233,9
Avantage diesel ($\Delta\%$)	+23%	-14%

Le meilleur rendement du moteur diesel est dégradé par sa masse supérieure. C'est-à-dire que le moteur essence compense en partie son rendement moindre par sa plus grande légèreté.

Un véhicule essence est dimensionné pour supporter le moteur le plus lourd, donc le diesel. Dans ce contexte, la consommation des véhicules essences est pénalisée par cette surmasse (châssis, suspensions...) induite par les plus lourdes versions diesels. Et ce, d'autant plus que ces surmasses font inévitablement l'objet d'un « coefficient spirale ».

C'est-à-dire qu'un véhicule essence optimisé devrait être presque aussi économe qu'un véhicule diesel, et ce, malgré le meilleur rendement des moteurs diesels.

Annexe 3 : vérification à l'aide de relevés réalisés avec un véhicule connu (Peugeot 106) dans sa version électrique

- Eu en MJ au cent déterminée expérimentalement à l'aide d'une 106 électrique :
Consommation au cent (donnée utilisateur d'une 106 électrique) pour un usage mixte : $200 \text{ Wh/km} = 0,72 \text{ MJ/km} = 72 \text{ MJ au cent}$
Rendement 106 électrique =
rendement batteries + charge + décharge (hypothèse : 0,7) x
rendement moteur de 106 électrique (donnée utilisateur : 0,85) = $0,7 \times 0,85 = 0,60$
Nous en déduisons que $E_u = 72 \text{ MJ} \times 0,60 = 43 \text{ MJ au cent}$. A masse constante, cette valeur est la même quel que soit le type de motorisation.
- Energie consommée (E_c) d'une 106 diesel sur cycle mixte = 5,2 litres au cent x 0,85 (densité) x 43 MJ/kg = 190 MJ
- Rendement du moteur d'une 106 diesel sur cycle Européen = $E_u \times 0,9$
(coefficient de correction lié à la masse moindre de notre 106 diesel / 106 électrique référence) / $E_c = 43 \times 0,9 / 190 = 20,3 \%$

$E_u / E_c = 20,3\%$...ce qui est proche de notre valeur référence (19,1).

**Données issues de mesures réalisées par un membre
d'ECONOLOGIE, « forum la voiture du futur »**