

## Consommation énergétique d'un véhicule

source : [voiture électrique](#)

Pour une 106 roulant à 100 km/h (28 m/s), 7 kW sont nécessaires pour la résistance de l'air, 3 kW pour les frottements de roulement.

La puissance nécessaire pour surmonter les frottements de roulement est une fonction linéaire de la vitesse alors que celle correspondant à la résistance de l'air croît comme la puissance trois de celle-ci.

$$F = 0.5 * \rho * S * C_x * V^2$$

F : force de frottement aérodynamique

$\rho$  : masse volumique de l'air 1.3 kg/m<sup>3</sup> à 0 °C ou 1.2 kg/m<sup>3</sup> à 20 °C

S : Surface frontale du véhicule m<sup>2</sup>

C<sub>x</sub> : coefficient de forme

V : vitesse du véhicule m/s

Toutes les données de ce paragraphe correspondent à une route plate en bon état sans vent.

$$P = C * V + B * V^3$$

P : puissance  
C \* V : résistance au roulement  
C et B : constantes  
B \* V<sup>3</sup> : résistance de l'air

Toute chose égale par ailleurs la constante **C** est proportionnelle à la masse du véhicule. Cette constante augmente aussi avec l'adhérence et la taille des pneus. Elle diminue s'ils sont bien gonflés.

La constante **B** est associée à la force de frottement aérodynamique ci-dessus

Remarque 1 :

La résistance de l'air varie comme le carré de la vitesse.

La puissance nécessaire pour la vaincre varie comme le cube de la vitesse.

La consommation de carburant induite varie comme le carré de la vitesse.

A haute vitesse, par exemple 120 km/h, la résistance de l'air devient prépondérante. Toute chose égale par ailleurs, si on augmente la vitesse de 10% la consommation augmentera de 20%. Si une voiture consomme 7 litres à 118 km/h elle consommera 8.4 litres à 130 km/h et 10 litres à 143 km/h. Dans la réalité, si on roule à une telle vitesse ( illégale ) on va souvent être "aspirée" par les voitures qui précèdent et la consommation sera moindre. De plus, le rendement du moteur varie selon son régime.

Remarque 2 :

La puissance nécessaire pour vaincre la résistance au roulement varie comme la vitesse.

La consommation de carburant due à la résistance au roulement est indépendante de la vitesse. En fait le coefficient **C** varie légèrement avec la vitesse mais, en première approximation, on le considérera constant.

Peugeot 106				
<b>C</b> = 108 <b>B</b> = 0.33				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
100 km/h	7 000 W	3 000 W	10 000 W	100
80 km/h	3 600 W	2 400 W	6 000 W	75
50 km/h	880 W	1 500 W	2 400 W	48
30 km/h	190 W	900 W	1 090 W	36

Pour un usage majoritairement à 50 km/h, il est intéressant d'avoir un véhicule plus haut, plus facile d'accès, plus spacieux, style monospace. Le coefficient de résistance dans l'air est alors majoré (par exemple de 0.33 à 0.50).

<b>Peugeot 106 rehaussé</b>				
<b>C = 108    B = 0.50</b>				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
100 km/h	10 700 W	3 000 W	13 700 W	137
80 km/h	5 500 W	2 400 W	7 900 W	99
50 km/h	1 340 W	1 500 W	2 840 W	57
30 km/h	290 W	900 W	1 190 W	40

On note que la surconsommation est faible à 30 km/h, importante à 100 km/h

<b>Vélo normal</b>				
sources : <a href="#">puissance-a-velo</a>				
<b>C = 4.0    B = 0.30</b>				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
50 km/h	803 W	55 W	858 W	17.2
40 km/h	411 W	44 W	455 W	11.3
30 km/h	173 W	33 W	206 W	6.9
20 km/h	51 W	22 W	73 W	3.6

  

<b>Vélo couché normal</b>				
vélo plus efficace qu'un vélo classique				
sources : <a href="#">m5france</a> <a href="#">témoignage</a> <a href="#">mesures</a>				
<b>C = 4.5    B = 0.22</b>				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
50 km/h	590 W	63 W	650 W	13.0
40 km/h	300 W	50 W	350 W	8.8
30 km/h	127 W	38 W	165 W	5.5
20 km/h	38 W	25 W	65 W	3.3



### Vélo couché optimal

**C** = 4.9    **B** = 0.13

vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
50 km/h	331 W	68 W	400 W	8.0
40 km/h	174 W	54 W	228 W	5.7
30 km/h	73 W	41 W	114 W	3.8
20 km/h	22 W	27 W	50 W	2.5



### véhicule de l'extrême : "Mobil Economy Run"

source en bas de page

**C** = 2.1    **B** = 0.022

vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
30 km/h	13 W	17 W	30 W	1.0

on notera l'importance de la résistance de l'air et de la vitesse, surtout pour le vélo. Cela s'explique par le fait que la voiture est beaucoup plus aérodynamique. D'ou l'intérêt d'un vélo caréné pour atteindre de bonnes vitesses. Avec un tel engin caréné couché la vitesse d'un champion, toutes choses égales par ailleurs, passe de 50 km/h à 72 km/h sur une durée d'une heure. Le coefficient **B** atteint alors 0.055 !

Pour un individu non entraîné 65 ou 73 W donc 20 km/h représente une cadence très raisonnable.

Je note la cohérence pour les coefficients **B** des deux véhicules extrêmes vélo couché caréné **B** = 0.055  
 Mobil Economy Run **B** = 0.022  
 il faut en effet pour le vélo pouvoir pédaler et un pédaleur costaud !

Par contre, le coefficient **C** de frottements pour le 'Mobil Economy Run' me paraît vraiment très faible : 2 fois plus petit pour un poids 3 fois plus grand. Les pneus doivent être très spéciaux. Normal pour un sponsor 'challengebibendum'.

### tricycle caréné

[contre-exemple sur le site generationsfutures.chez-alice.fr](http://generationsfutures.chez-alice.fr)



Le poids indiqué 240 kg, trop élevé, est du à mon avis aux contraintes d'homologation suisses délirantes (les mêmes que pour une voiture ? résistance au crash-test ?). D'ailleurs sur le site du constructeur on note qu'il s'agit d'un véhicule "routier" de vitesse maxi 85 km/h apte à gravir des côtes avec un moteur de 5000 W. La consommation d'énergie est de 4-8 kWh / 100 km soit 40 à 80 Wh par km ce qui correspond à celle d'une 106 à 50 km/h à vitesse stabilisée (voir plus haut). On est pas dans la catégorie "vélo caréné" surtout si on regarde le prix de 16000 Euros. Mais le concept est cependant fort intéressant.

[autre contre-exemple sur le même site](http://generationsfutures.chez-alice.fr)



Cette fois, c'est un prototype **hysun** avec une pile à combustible à hydrogène de 1200 W qui peut rouler à 100 km/h. Son poids est de 187 kg tout équipé, 250 kg avec le pilote. j'en extrapole les coefficients **C** = 14 (3 fois celui d'un vélo pour un poids triple) **B** = 0.04 (8 fois inférieur à celui d'une 106 pour une consommation de 1200 W 8 fois inférieure à 100 km/h, le double du véhicule "Mobil Economy Run"). Le Cx étant donné pour 0.15 j'en déduis la surface frontale de 0.48 m<sup>2</sup>.

hysun : énergie mécanique nécessaire <b>C</b> = 15 <b>B</b> = 0.04				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
100 km/h	850 W	400 W	1250 W	12.5
80 km/h	440 W	320 W	760 W	9.5
50 km/h	110 W	200 W	310 W	6.2
30 km/h	23 W	120 W	150 W	5.0

## La voiture électrique classique avec batteries

source : [voiture électrique](#)

caractéristiques batteries			
rendement complet depuis le secteur jusqu'au moteur 65%			
rendement batterie plus moteur : 80%			
batteries Plomb	30 Wh par kg	0.2 à 0.3 \$ par Wh	1000 cycles
batteries Li-ion	120 Wh par kg	2 \$ par Wh (0.3 à terme)	500 cycles

Soit une batterie de capacité 8.1 kWh

Pour charger cette batterie on consomme 10 kWh depuis le secteur

Une fois la batterie déchargée on aura récupéré 6.5 kWh d'énergie mécanique.

$6.5 / 10$  nous donne 65% de rendement

$6.5 / 8.1$  nous donne 80% de rendement

trouvé sur un forum :

Caractéristiques de la Saxo électrique.

moteur 24 kW batteries 120 V 100 Ah soit 12 kWh de charge

autonomie de 80 km avec 12 kWh

Avec 80% de rendement l'énergie mécanique fournie est de 10 kWh pour faire 80 km soit 125 Wh par km.

Approximativement, à partir de la capacité théorique il faut majorer de 20-25% pour avoir la facture depuis le secteur et minorer de 20-25% pour avoir l'énergie mécanique restituée.

### Consommation véhicule type 106

rendement maxi moteur thermique				
	Energie		rendement	net
1 litre gazole	35 700 kJ	10.0 kWh	28%	2.8 kWh
1 litre essence	32 000 kJ	8.9 kWh	23%	2.0 kWh

On considère des moteurs à essence utilisés au rendement maxi en vitesse stabilisée et que ce rendement optimal est obtenu entre 25 et 60% de la puissance maxi.

Pour une 106, à 100 km/h stabilisé le rendement est donc maximum avec son moteur standard. La consommation en essence est de 5 litres pour 100 km (10/2) et en diesel de 3.6 litres (10/2.8).

Consommation en litres pour 100 km avec différents moteurs					
moteur	vitesse	résistance air	frottements	total	conso
40 kW	100 km/h	7 000 W	3 000 W	10 000 W	5.0 litres
20 kW	80 km/h	3 600 W	2 400 W	6 000 W	3.8 litres
10 kW	50 km/h	900 W	1 500 W	2 400 W	2.4 litres
5 kW	30 km/h	190 W	900 W	1 090 W	1.8 litres

Remarques :

le rendement se dégradant si le moteur est peu sollicité (par exemple le moteur de 40 kW à 50 km/h est utilisé à 6%) la consommation réelle augmente beaucoup.

Avec le petit moteur de 10 kW (13.5 ch) la consommation est optimale entre 50 et 80 km/h, la vitesse maxi étant de 100 km/h. Avec un moteur diesel on gagne en gros 25%.

## coût théorique d'un démarrage de 0 à 50 km/h

C'est l'énergie cinétique acquise  $E = 0.5 * M * V^2$

$V = (50/3.6) = 14 \text{ m/s}$

$M = 1000 \text{ kg}$

$E = 100\,000 \text{ J} = 100 \text{ kJ} = 27 \text{ Wh}$  (arrondi)

## Etude d'un hybride péri-urbain type 106 adapté

### Les batteries sont rechargeables sur le secteur.

On prend le moteur thermique ci-dessus de 10 kW (4 fois plus petit que le standard). On ajoute 120 kg de batteries au plomb de capacité 3 600 Wh (cout indicatif 500-1000 Euros) et 2 moteurs électriques de puissance totale 6 kW (3 kW sont suffisants pour rouler à 50 km/h le supplément est là pour démarrer correctement) sur les roues arrières avec un commutateur au tableau de bord. Ce système est donc très peu sophistiqué. Le moteur électrique est utilisé au démarrage jusqu'à 40-50 km/h, puis l'utilisateur bascule sur le thermique.

en fait les 3600 Wh seront utilisés à 80% (rendement batterie+moteur) soit 2800 Wh utiles. A noter que le moteur étant 4 fois plus petit (250 cm<sup>3</sup> au lieu de 1000), tous les organes (moteur, boîte de vitesse, suspensions, transmissions, châssis, roues ...) seront plus petits. Le poids de la batterie et du moteur électrique sera compensé. Le coût sera comparable au véhicule actuel : la partie mécanique plus simple compensant la partie électrique.

trajet urbain de 50 km à 50 km/h maximum		
	calcul	consommation
25 km électrique à 50 km/h	0.5 heure à 2400 W	1200 Wh
50 démarrages de 0 à 50 km/h	50 * 27 Wh	1350 Wh
total consommation électrique		2550 Wh
25 km en thermique à 50 km/h	0.5 heure à 2400 W	1200 Wh

Pour tenir compte du rendement électrique charge-décharge majorons de 50 % les 2550 Wh. Les 1200 Wh en thermique correspondent à 0.6 l essence.

### 0.6 litre d'essence et 4 kWh électricité pour 50 km à 50 km/h

#### Autonomie maximale en électrique pur 25 km

Une 106 classique consomme 3 litres pour 50 km soit 5 fois plus. La consommation du même véhicule rehaussé pour la ville augmentera la consommation de 10 à 20%. Soit 0.7 litre d'essence et 4 kWh électricité.

trajet péri-urbain de 50 km à 80 km/h maximum		
	calcul	consommation
10 km électrique à 50 km/h	0.2 heure à 2400 W	480 Wh
20 démarrages de 0 à 50 km/h	20 * 27 Wh	540 Wh
total consommation électrique		1020 Wh
40 km en thermique à 80 km/h	0.5 heure à 6000 W	2400 Wh

Pour tenir compte du rendement électrique charge-décharge majorons de 50 % les 1020 Wh. Les 2400 Wh en thermique correspondent à 1.2 l essence.

### 1.2 litre d'essence et 1.5 kWh électricité pour 50 km à 80 km/h

Dans ces conditions un réservoir de 5 à 10 litres semble raisonnable.

On notera que la consommation en électrique pur est de 2.5 kWh pour 25 km soit 10 kWh pour 100 km ou encore 100 Wh par km. Si on compare avec les données réelles d'une Saxo ci-dessus (125 Wh par km) le gain vient de la vitesse moindre (50 km/h maxi au lieu de 100 km/h).

Avec des trajets péri-urbains plus importants 100, 200 km on se rapproche de 3.8 litres à 80 km/h. La batterie étant alors moins sollicitée. Avec de tels trajets le moteur de 20 kW est peut être plus adapté.

### **Bilan financier**

A titre indicatif avec 1.20 Euro le litre essence et 0.10 Euros le Kwh on obtient 1.1 Euro pour 50 km en urbain et 1.7 Euros en péri-urbain. Il faut cependant ajouter le coût important du renouvellement-recyclage des batteries estimé à 500-1000 Euros tous les 1000 cycles soit 0.5 à 1 Euro par décharge complète donc par trajet de 50 km (mi-thermique, mi-électrique).

**Coût estimé de 3 à 5 Euros pour 100 km.**

### **Production de l'énergie consommée**

prenons 10 000 km par an fait en urbain à 50 km/h. Il suffit de multiplier par 200 les résultats précédents. Soit 800 kWh en électrique qui peuvent être produits par 5 à 10 m<sup>2</sup> de panneaux solaires. Et 120 litres de carburant en thermique (200 fois 0.6 litres). Pour un parc français de 20 millions de véhicules cela représente 2 400 millions de litres ou 2 400 000 m<sup>3</sup>. A titre indicatif cela correspond à la production de 2 400 000 ha de colza biocarburant soit 10% de la surface cultivable en France (avec dans ce cas un moteur diesel).

**La consommation en énergie peut être assurée avec des énergies renouvelables.**

### **Optimisation de l'hybride 106**

On peut aussi prévoir un système de récupération de l'énergie au freinage, ce qui améliorera l'autonomie de la batterie. Un peu sophistiqué pour un gain peut être léger. En effet on récupérera au mieux une partie, la moitié peut être, de l'énergie consommée lors des démarrages. De plus, le courant produit par le moteur au freinage est trop intense pour la batterie. Il faut prévoir des supercondensateurs.

Le moteur thermique peut être optimisé en régime fixe et entrainer un alternateur ce qui supprime boîte de vitesses et transmissions. Du coup le moteur électrique passe à 10 ou 13 kW. Cela permet de ne jamais trop décharger la batterie et de toujours utilisé le moteur à son meilleur rendement même voiture à l'arrêt. Dans ce cas il recharge la batterie. Le moteur étant toujours à un régime idéal on a un niveau de pollution réduit. Cela donne aussi des démarrages plus vifs. Enfin le démarrage du moteur thermique peut être géré automatiquement. Il faut cependant éviter un système trop sophistiqué, couteux (style Toyota Prius) pour des gains marginaux. Un compromis est nécessaire.

Avec les futures batteries Lithium-Ion quatre fois plus performantes on pourra améliorer l'autonomie, réduire le poids et augmenter la vitesse en électrique. Le plus intéressant cependant serait de diminuer la part faite en thermique, et même la supprimer. Par exemple, en reprenant le parc de 20 millions de véhicules précédents on pourrait diviser par 2 ou 4 la consommation ce qui ramènerait à 5 ou 2.5% de la surface cultivable en France.

Remarque : Ce véhicule devrait avoir des performances comparables à la vieille 2 CV. Il n'est pas destiné à effectuer de grands trajets.

### **Etude tricycle caréné avec assistance électrique**

En fait l'intérêt principal est un véhicule urbain pour le plat limité à 50 km/h ce qui est déjà beaucoup. Projet de véhicule à base d'un vélo tricycle caréné, en position couché, avec un pédalier relié à un alternateur, une batterie classique de 24 kg et 720 Wh ( 600 Wh utiles avec un rendement de 80% ), et un moteur de propulsion électrique de 1000 W. Vitesse maxi raisonnable : 50 km/h (en réalité plus avec 1000 W, mais ces derniers sont nécessaires pour avoir des démarrages corrects). Version monoplace de 80 kg à vide : 30-35 kg pour batterie et moteur, 50 kg pour vélo plus carénage léger en plastique, fibre de verre, .... 150 kg avec le conducteur. Par rapport aux vélos ci-

dessus **C** est multiplié par 2 comme le poids total. Le coefficient **B** passe à 0.15 pour avoir un véhicule raisonnable.

<b>Energie mécanique nécessaire</b>				
<b>C = 10    B = 0.15</b>				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
50 km/h	400 W	140 W	540 W	10.8
30 km/h	90 W	83 W	175 W	5.8

coût d'un démarrage de 0 à 50 km/h :  $E = 0.5 * M * V^2 = 0.5 * 150 * (50/3.6)^2 = 14\ 500\ J = 4\ Wh$

### autonomie de la batterie

A vitesse constante de 50 km/h l'autonomie théorique est de  $(600/540) * 50 = 55\ km$

<b>trajet urbain de 25 km à 50 km/h maximum</b>		
	calcul	consommation
25 km électrique à 50 km/h	0.5 heure à 540 W	270 Wh
50 démarrages de 0 à 50 km/h	50 * 4 Wh	200 Wh
total consommation électrique		470 Wh

470 Wh soit 80% de la capacité de la batterie. On en déduit :

### Autonomie pratique de 30 km à 50 km/h sans pédaler

Si on se limite à 30 km/h en apportant 100 W par pédalage :

<b>trajet urbain de 25 km à 30 km/h maximum</b>		
	calcul	consommation
25 km électrique à 30 km/h	0.5 heure à (175-100) W	75 Wh
50 démarrages de 0 à 30 km/h	50 * 1.9 Wh	95 Wh
total consommation électrique		170 Wh

On en déduit :

### Autonomie de 100 km à 30 km/h en pédalant 100 W

Avec des batteries lithium-ion tout est amélioré.

## Etude tricycle essence-électrique

Version monoplace de 230 kg à vide ( à revoir plus, moins ? ) 300 kg avec le conducteur. Une batterie classique de 42 kg et 1250 Wh ( 1000 Wh utile avec un rendement de 80% ). Un moteur thermique de 50 cm<sup>3</sup> et 2.5 kW optimisé en régime fixe entraînant un alternateur. Moteur électrique de propulsion de 2 kW ( 2000 W ). La batterie est rechargeable sur le secteur. Une sécurité permet de la recharger avec le thermique avant une décharge profonde. Le but étant toutefois de rouler au maximum sur la batterie chargée depuis le secteur. Par rapport au tricycle précédent le poids est multiplié par 2 donc le coef **C** est multiplié par 2.

Energie mécanique nécessaire				
<b>C</b> = 20 <b>B</b> = 0.15				
vitesse	résistance air	frottements	total	Wh par km
80 km/h	1650 W	445 W	2100 W	26.2
50 km/h	400 W	280 W	680 W	13.6
30 km/h	90 W	167 W	260 W	8.6

coût d'un démarrage de 0 à 50 km/h :  $E = 0.5 * M * V^2 = 0.5 * 300 * (50/3.6)^2 = 8 \text{ Wh}$

trajet urbain de 50 km à 50 km/h maximum		
	calcul	consommation
25 km électrique à 50 km/h	0.5 heure à 680 W	340 Wh
50 démarrages de 0 à 50 km/h	50 * 8 Wh	400 Wh
total consommation électrique		740 Wh
25 km en thermique à 50 km/h	0.5 heure à 680 W	340 Wh

pour tenir compte du rendement électrique charge-décharge majorons de 50 % les 740 Wh.  
340 Wh en thermique correspondent à 0.17 l essence

### **0.17 litre essence et 1.2 kWh électricité pour un trajet urbain de 50 km**

Consommation en essence : 3 fois moins que l'hybride 106 précédent.

pour le meme trajet tout électrique la consommation est de  $740 + 340 = 1080$ . Ce qui dépasse la capacité de la batterie. Après majoration :

### **1.5 kWh électricité pour un trajet urbain de 40-45 km tout électrique (limite de l'autonomie)**

Si on prend le même véhicule surélevé pour plus de confort en ville en passant le coefficient **B** à 0.20 ou 0.25 on a une consommation majorée. On peut donc prendre 0.25 litre essence et 2 kWh électricité pour un trajet urbain de 50 km.

trajet péri-urbain de 50 km à 80 km/h maximum		
	calcul	consommation
10 km électrique à 50 km/h	0.2 heure à 680 W	140 Wh
20 démarrages de 0 à 50 km/h	20 * 8 Wh	160 Wh
total consommation électrique		300 Wh
40 km en thermique à 80 km/h	0.5 heure à 2100 W	1050 Wh

pour tenir compte du rendement électrique charge-décharge majorons de 50 % les 300 Wh.  
1050 Wh en thermique correspondent à 0.52 l essence

### **0.50 litre essence et 0.45 kWh électricité pour un trajet péri-urbain de 50 km**

Dans ces conditions, la limite d'autonomie due à la batterie est de 160 km.  
Un réservoir d'essence de 2-3 litres semble suffisant.

### **synthèse du bilan énergétique à 30 km/h**

modèle	frottements + résistance air	Wh par km
Mobil Economy Run	30 W	1.0
Vélo couché optimal	114 W	3.8
hysun	150 W	5.0
Vélo couché normal	165 W	5.5
Vélo normal	206 W	6.9
tricycle caréné	175 W	5.8
tricycle essence-électrique	260 W	8.6
106	1 090 W	36.3

### **synthèse du bilan énergétique à 50 km/h**

modèle	frottements + résistance air	Wh par km
Vélo couché optimal	400 W	8.0
hysun	310 W	6.2
Vélo couché normal	650 W	13.0
Vélo normal	860 W	17.2
tricycle caréné	540 W	10.8
tricycle essence-électrique	680 W	13.6
106	2 400 W	48.0

## synthèse du bilan énergétique à 80 km/h

modèle	frottements + résistance air	Wh par km
hysun	760 W	9.5
tricycle essence-électrique	2100 W	26.2
106	6 000 W	75.0

Les paragraphes qui suivent sont des extraits pris sur le web et commentés

[Les verts du pays d'Aix](#)

Le SCX Surface frontale verticale d'un véhicule multiplié par le coefficient de pénétration ou coefficient de forme de la carrosserie (cx) exprimé en m<sup>2</sup> est de :

0.4 m<sup>2</sup> pour une grosse moto carénée

0.8 m<sup>2</sup> pour un VL

0.6 m<sup>2</sup> Pour un cycliste urbain

pour comparer avec le coefficient **B** ci-dessus il faut multiplier par 0.6 (0.5 \* rho)

**B** = 0.24 grosse moto carénée

**B** = 0.48 voiture médiocre

**B** = 0.36 vélo en position bien debout

[puissance-a-velo](#)

$$P1 = 9.81 * M * p * (V/3.6)$$

$$P2 = SCx * (V/3.6)^3 \quad \text{Remarque : Ce coefficient SCx n'est pas } S * Cx \text{ mais } 0.5 * rho * S * Cx$$

$$P3 = 9.81 * M * f * (V/3.6)$$

$$P = P1 + P2 + P3$$

Avec :

P, P1, P2, P3 : puissance, en Watts

p : pente, en m/100m ; ex pente = 5% = p = 0.05

M : masse totale cycliste+vélo, en kg

V : vitesse en km/h

SCx : coefficient de frottement à l'air, sans unité ; pour un cyclo prendre 0.3

f : coefficient de frottement, sans unité ; pour un vélo aux pneus bien gonflés prendre 0.005

Exemple 1 : Plat M=80 kg, 28 km/h, SCx=0.30, f=0.005

\* P1 = 0 W, P2 = 141 W, P3 = 30 W

\* Total P = 171 W

Exemple 2 : M=81 kg, 9.3 km/h, p=9.0%=0.09, SCx=0.30, f=0.010 (roue VTT crantée)

\* P1 = 185 W, P2 = 5 W, P3 = 21 W

\* Total P = 211 W

[velo-concept](#)

on a une puissance de 163 watts pour une vitesse de 30 km/heure avec un poids total de 78 kg et un Scx de 0.36, tout à fait admissible pour un Cyclosporitif roulant la plupart du temps les mains en haut du guidon.

Je pense qu'ici Scx est une confusion avec  $0.5 * rho * S * Cx$

**véhicule de l'extrême : "Mobil Economy Run"**

Quelques données (en italique mes déductions):

record de distance parcourue avec un litre d'essence : 5 385 km.

Vitesse moyenne 30 km/h durant 25 km.

Pile à combustible H<sub>2</sub> (*rendement que j'évalue à 50%*)

1 litre de gazole 35700 KJ. masse volumique à 15 °C 837 g/l.

1 litre d'essence 32000 KJ. masse volumique à 15 °C 746 g/l.

tricycle ou quadricycle 160 kg vide, profilés, avec un pilote de 50 kg.

Fonctionnement intermittent du moteur.

Résistance au roulement des pneus : 1 kg/tonne (*en fait 10 N*).

Rendement de 50%, 1 litre essence contient 9 kWh on obtient donc

$9 * 0.50 = 4.5 \text{ kWh} = 4500 \text{ Wh}$  d'énergie mécanique consommée pour 5 300 km.

Soit arrondi 1.0 Wh par km parcouru.

Puissance nécessaire pour rouler à 30 km/h : 30 W

[Hybride-et-supercondensateur](#)   [Kangoo Electro Road](#)

Hybride (principalement électrique) à base d'un Kangoo Renault avec un petit moteur thermique en secours.

extrait : [Test-Hybride-2](#)

La batterie est donnée pour 13,2 kWh (100 Ah sous 132 volts) par le fabricant.

Autonomie de 80 km.

## La voiture à air comprimé

[www.mdi.lu](http://www.mdi.lu)

réservoir air comprimé : 340 litres d'air comprimé à 300 bars soit 102000 litres d'air, représentant environ 52 mégajoules. A titre d'exemple, 100 litres d'air à 300 bars peuvent prendre place dans un réservoir de seulement 35 kg.

poids total  $3 * 35 + 100 * 1.3 = 245 \text{ kg}$       (1000 litres air ont une masse de 1.3 kg)

energie stockée par kg :  $52\ 000 / 245 = 212 \text{ kJ} = 58 \text{ Wh}$

Avec un excellent rendement de 50% ( Ce rendement est-il atteint ? ) l'énergie utile est de 29 Wh par kg comparable à celle obtenue avec des batteries au plomb. Toutefois, le volume plus important augmente la surface frontale du véhicule ce qui majore la consommation. De plus, aucun espoir d'amélioration à part augmenter la pression ce qui est difficile. Alors que les batteries au Lithium-Ion vont permettre un gain de facteur 4.

exemples de véhicules intéressants (clic sur l'image pour voir le site)

Länge: 2741mm, Breite: 1060mm, Höhe: 1260mm Leergewicht: 280 kg Nutzlast: 120 kg

