

*Le dimensionnement en  
« mécanique automobile »  
en 50 questions / réponses*

**Les carburants alternatifs:  
comparaisons et influence  
sur les véhicules.**

Dominique GUÉRIN

---

---

# *Objectif de la présentation:*

Cette présentation n'a pas pour but de d'évoquer les adaptations (nécessaires) des moteurs (à allumage commandé) ou des systèmes d'alimentation, mais de comparer les carburants entre eux et de montrer les conséquences en terme de:

- dimensions du véhicule et du moteur,
  - masses et dimensionnement des fonctions de la plate-forme nécessaires au maintien des performances et de l'autonomie,
  - mais aussi le ravitaillement.
- 
-

# Comparaison des carburants pour moteurs à allumage commandé:

## Le pouvoir énergétique.

Carburant	masse volumique		énergie calorifique massique et volumique		
Essence:	750	kg/m <sup>3</sup>	43,5 MJ/kg	32,6	MJ/litre
GPL:	540	kg/m <sup>3</sup>	46,1 MJ/kg	22,5	MJ/litre
Méthane (GNV/GNC):	0,714	kg/m <sup>3</sup>	50,0 MJ/kg	0,036	MJ/litre
Alcool méthylique:	790	kg/m <sup>3</sup>	19,7 MJ/kg	15,6	MJ/litre
Alcool éthylique:	790	kg/m <sup>3</sup>	26,8 MJ/kg	21,2	MJ/litre
Hydrogène:	0,089	kg/m <sup>3</sup>	120 MJ/kg	0,011	MJ/litre
Hydrogène liquide:	70,8	kg/m <sup>3</sup>	120 MJ/kg	8,5	MJ/litre

L'essence est donc de loin le carburant ayant la plus forte « densité énergétique ».

**Comparaison des carburants pour moteurs à allumage commandé:**  
**Le prix énergétique.**

Compte tenu de leur pouvoir énergétique différent et du fait qu'ils sont vendus au litre (pas au kg ni au kW.h), il faut comparer 1 litre d'essence à:

- 1,45 litres de GPL liquide,
  - 905 litres de méthane (4,5 litres à 200 bars)
  - 2,1 litres de méthanol (alcool méthylique),
  - 1,5 litres d'éthanol (alcool éthylique),
  - 2 964 litres d'hydrogène gazeux (plus de 4 litres à 700 bars),
  - 3,8 litres d'hydrogène liquide.
- 
-

## Comparaison des carburants pour moteurs à allumage commandé: L'émission de CO2 par litre consommé.

### Compte tenu de leur masse volumique différente:

Essence:	750 kg/m <sup>3</sup> :	2 365 g de CO2/litre
GPL:	540 kg/m <sup>3</sup> :	1 465 g de CO2/litre
Méthane (GNV/GNC):	0,714 kg/m <sup>3</sup> :	1,98 g de CO2/litre *
Alcool méthylique:	790 kg/m <sup>3</sup> :	1 086 g de CO2/litre
Alcool éthylique:	790 kg/m <sup>3</sup> :	1 505 g de CO2/litre
hydrogène:	0,089 kg/m <sup>3</sup> :	0,00 g de CO2/litre *
hydrogène liquide:	70,8 kg/m <sup>3</sup> :	0,00 g de CO2/litre

\* (à pression atmosphérique)

**Regardé comme cela (g de CO2/litre), le GPL et les alcools semblent intéressants.**

---

---

# Comparaison des carburants pour moteurs à allumage commandé: L'émission de CO2 par MJ fourni.

## Rappel:

Le CO2 est la combinaison des atomes de Carbone d'un carburant avec les molécules d'oxygène de l'air:



Pour une énergie calorifique fournie donnée, le CO2 émis dépendra du % de cette énergie fournie par la combustion du Carbone.

## Exemples:

Essence:	86% de carbone en masse,	72,5 g de CO2/MJ
GPL:	82% de carbone en masse,	65,2 g de CO2/MJ
Méthane (GNV/GNC):	75% de carbone en masse,	55,0 g de CO2/MJ
Alcool méthylique:	37,5% de carbone en masse,	69,8 g de CO2/MJ
Alcool éthylique:	52% de carbone en masse,	71,1 g de CO2/MJ
Hydrogène	0% de carbone en masse,	00,0 g de CO2/MJ

**Mais regardé ainsi, le GPL ne fait gagner que 10% et les alcools pas grand chose...**

---

---

**Besoin en volume de carburant pour « maintenir »  
l'autonomie:**

**C'est la place prise dans le véhicule pour le carburant.**

*Pour emporter l'équivalent énergétique de 50 litres d'essence  
soit 1 631MJ, il faut :*

- 65 litres de GPL
- 104 litres d'alcool méthylique
- 77 litres d'alcool éthylique
- 45 305 litres de méthane gazeux
- 152 227 litres d'hydrogène gazeux
- 192 litres d'hydrogène liquide

## **Influence du carburant sur la masse du réservoir et celle du véhicule.**

*Pour transporter l'équivalent énergétique de 50 litres d'essence, soit 1 631MJ, qui pèsent 37,5kg, + 10kg de réservoir, il va falloir:*

**- 65 litres de GPL** (+ 20% de volume d'expansion) qui pèsent 33kg + 33kg de réservoir.

Soit **+28 litres** et **+ 28,5 kg de réservoir - 4,5 kg (de carburant)..**

**- 104 litres d'alcool méthylique** qui pèsent 82kg.

Soit **+54 litres** et **+10kg de réservoir + 44,5 kg (de carburant).**

**- 77 litres d'alcool éthylique** qui pèsent 61kg.

Soit **+27 litres** et **+5 kg de réservoir + 24 kg (de carburant).**

**- 45 305 litres de méthane** (ou 180 litres à 250bars) qui pèsent 33kg + 180kg de bouteilles en acier ou 55kg de bouteilles en carbone bobiné.

Soit **+130 litres** et **+ 170 (ou +50) kg de réservoir - 4,5kg de carburant.**

**- 152 227 litres d'hydrogène** (ou 217 litres à 700bars) qui pèsent 15kg.

Soit **+167 litres** et **+ 240kg de réservoir en carbone – 22kg de carburant .**

**- 192 litres d'hydrogène liquide,** qui pèsent 14kg.

Je n'ai pas de donnée sur ce que pèserait un ensemble cryogénique de 200 litres blindé (pour le choc)...

## *Influence du carburant et du réservoir sur la masse du véhicule.*

Il est une loi généralement admise dans la littérature qui dit que pour porter, pousser, freiner, refroidir, choquer... 1kg supplémentaire, il faut 300g supplémentaires dans les fonctions de plate-forme (roues, pneus, freins, refroidissement, trains, direction, circuit carburant, suspension GMP, échappement, commandes...) et de GMP (moteur, embrayage, BV, transmissions, moyeux).

Nos « surmasses » (carburant+réservoir) de la page précédente deviennent donc pour la voiture complète:

- GPL: + 31 kg
- Alcool méthylique: + 71 kg
- Alcool éthylique: + 38 kg
- Méthane: +215 kg (acier) ou + 65 kg (carbone)
- Hydrogène: +284 kg (carbone)

## *Les conséquences sur le moteur du véhicule utilisateur:*

- Au premier niveau de motorisation, la masse requière 600cc de cylindrée moteur par tonne de masse véhicule.
- Au niveau de motorisation maximal, la masse requière 1200cc de cylindrée moteur par tonne de masse véhicule.

**Pour maintenir la performance: les carburants alternatifs vont donc se traduire par des augmentations de cylindrée de l'ordre de:**

- GPL: +18cc à + 37cc
  - Alcool méthylique: +43cc à + 86cc
  - Alcool éthylique: +23cc à + 46cc
  - Méthane: +129cc (+39cc si Carb) à +258cc (+78cc si C)
  - hydrogène: +170cc à +340cc (Carbone)
- 
-

## *Les conséquences sur la consommation du véhicule utilisateur:*

Sur cycle, un moteur essence consomme:

**2,5l aux 100km par litre de cylindrée.**

En plus de la consommation nécessaire à l'entraînement de la voiture.

La masse, au travers d'un coefficient de roulement de 1% qui génère un effort de 98N/tonne représente une énergie à fournir de 9,8MJ pour 100km, soit 2,72 kW.h soit une consommation (à 205g/kW.h) de 558g soit avec une masse volumique de 750g/l:

**0,74l/100km d'essence pour 1 tonne.**

La masse, au travers des accélérations du cycle, représente une énergie à fournir de 794kJ tous les 11km soit 7,2 MJ/100km soit 2kW.h/100km soit une consommation (à 205g/kW.h) de 410g soit avec une masse volumique de 750g/l:

**0,55l/100km d'essence pour 1 tonne.**

## *Les conséquences sur la consommation du véhicule utilisateur:*

**Pour un véhicule GPL**(+18cc à +37cc et +37kg):

+0,045 + 0,048= + 0,093l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+0,135l/100km de GPL** pour cause de masse VODM.

+0,092 + 0,048= + 0,14l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+0,20l/100km de GPL** pour cause de masse VODM.

**Pour un véhicule Méthanol**(+43cc à +86cc et +71kg):

+0,110 + 0,092= + 0,202l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+0,42l/100km de méthanol** pour cause de masse VODM.

+0,215 + 0,092= + 0,307l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+0,64l/100km de méthanol** pour cause de masse VODM.

**Pour un véhicule Ethanol**(+23cc à +46cc et +38kg):

+0,057 + 0,049= + 0,106l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+0,16l/100km d'éthanol** pour cause de masse VODM.

+0,114 + 0,049= + 0,163l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+0,25l/100km d'éthanol** pour cause de masse VODM.

## *Les conséquences sur la consommation du véhicule utilisateur:*

Pour un véhicule Méthane réservoir acier(+129cc à +258cc et +215kg):

+0,32 + 0,28= + 0,60l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+543l/100km de méthane** pour cause de masse VODM.

+0,64 + 0,28= + 0,92l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+833l/100km de méthane** pour cause de masse VODM.

Pour un véhicule Méthane réservoir carbone(+39cc à +78cc et +65kg):

+0,10 + 0,08= + 0,18l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+163l/100km de méthane** pour cause de masse VODM.

+0,20 + 0,08= + 0,28l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+254l/100km de méthane** pour cause de masse VODM.

Pour un véhicule Hydrogène gazeux(+170cc à +340cc et +284kg):

+0,42 + 0,37= + 0,79l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+2341l/100km d'hydrogène** pour cause de masse VODM.

+0,85 + 0,37= + 1,22l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+3616l/100km d'hydrogène** pour cause de masse VODM.

Pour un véhicule Hydrogène liquide(+170cc à +340cc et +284kg):

+0,42 + 0,37= + 0,79l/100km (d'équivalent essence)

soit en M1: **+3,0l/100km d'hydrogène** pour cause de masse VODM.

+0,85 + 0,37= + 1,22l/100km (d'équivalent essence)

soit en M4: **+4,7l/100km d'hydrogène** pour cause de masse VODM.

# Synthèse

Carburant	Cylindrée	Consommation	Écart masse carburant	Écart masse réservoir	Écart masse voiture	Ecart de consommation	Consommation totale
Essence	Référence	7	0	0	0	0	7
GPL	+18cc à + 37cc	10,14	-4,5	28,5	31	0,13 à 0,20	10,3
Alcool méthylique	±43cc à + 86cc	14,63	44,5	10	71	0,42 à 0,64	15,1 à 15,3
Alcool éthylique	+23cc à + 46cc	10,76	24	5	38	0,16 à 0,25	10,9 à 11
Méthane réservoir acier	+129cc à +258cc	6339	-4,5	170	215	543 à 833	6882 à 7172
Méthane réservoir carbone	+39cc à +78cc	6339	-4,5	50	65	163 à 254	6502 à 6593
Hydrogène gazeux	+170cc à +340cc	20745	-22	240	284	2341 à 3616	23086 à 24361
Hydrogène liquide	+170cc à +340cc	26,8	-22	240	284	3,0 à 4,7	29,8 à 31,5

## *Le ravitaillement: Pour ravitailler dans le même délai:*

Si une pompe à essence débite de l'ordre de 60l/mn, soit 50 secondes pour 50litres:

Il faudrait débiter:

- 88 litres/mn de GPL,
  - 130 litres/mn d'alcool méthylique,
  - 94 litres/mn d'alcool éthylique,
  - 60 000 litres/mn de méthane (ou 240 l/mn à 250 bars),
  - 200 000 litres/mn d'hydrogène (ou 257 l/mn à 700 bars),
  - 260 litres/mn d'hydrogène liquide,
  - 32,6 MWatt électrique (11 000 Ampères en 300 volts).
- 
-

## **Conclusion:**

Les «préparations », les « post équipements, voire même les véhicules « d'origine constructeur » avec carburants alternatifs ne présentent pas dans la majorité des cas les mêmes performances, ni les mêmes autonomies, ni les mêmes charges utiles que les véhicule « essence » car les constructeurs cherchent à maintenir le moteur d'origine ainsi que la charge maximale.

Des véhicules « dédiés » seraient également moins performants, à autonomie restreinte et à temps de ravitaillement accru.

Ne serait il pas « raisonnable » de commencer par proposer des véhicules conventionnels qui auraient ces caractéristiques: petit moteur, petit réservoir... moins lourd et beaucoup moins chers que les « dédiés ».

---

---