

1.1 EXERCICES DE TECHNIQUE D'ESTIMATION EN ENERGIE

Exercice 1.1.L Estimation voiture Berline :

Peut-on faire une voiture berline normale ne consommant que 1L/100km (235 MPG-US)?

Dans cet exercice (comme dans la plupart proposés dans ce module, voire dans le cours complet), des résolutions aux questions sont proposées, mais celles-ci ne sont pas uniques. L'important est d'arriver le plus proche de la réalité possible (une relation exacte à 20% ou 30% est souvent ce que recherche un ingénieur dans ses estimations) avec logique et réflexion, davantage qu'avec des calculs sophistiqués.

Question 1 : Avec la technique : tenter de deviner, faites une première estimation.

Question 2 : Avec une combinaison des techniques : diviser et conquérir, mentir habilement, utiliser les moyens du bord et suivre ses intuitions, faites une nouvelle estimation.



RÉPONSES

Question 1 : Avec la technique : tenter de deviner, faites une première estimation.

Avec la technique tenter de deviner, on suppose que réaliser une berline normale avec une consommation de 1L/100km est réalisable mais compliqué. Par exemple, l'Université de Colombie Britannique (UBC) a obtenu les résultats suivants aux compétitions SAE et SEMA :

2016	SAE	6th	715 mpg
2017	SEMA	20th	521 mpg
2017	SAE	6th	566 mpg
2018	SEMA	7th	960 mpg
2018	SAE	3rd	1407 mpg
2019	SEMA	2nd	1372 mpg
2019	SAE	2nd	2229 mpg

Compétitions qui consistent à réaliser le design le plus aérodynamique possible d'une voiture afin d'obtenir la consommation la plus faible possible. En 2019, la seconde place pour 2229 mpg-US correspond à une consommation de 0.11 L/100km ce qui est extrêmement faible, un ordre de grandeur inférieur à la question posée. Mais est-ce transposable à une voiture « normale » ?

Question 2 : Avec une combinaison des techniques : diviser et conquérir, mentir habilement, utiliser les moyens du bord et suivre ses intuitions, faites une nouvelle estimation.

Avec la technique, diviser et conquérir :

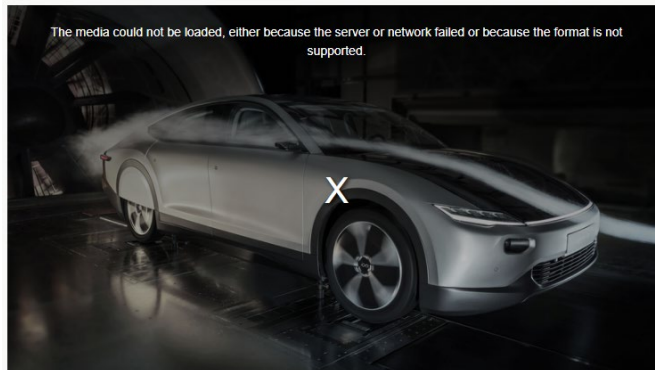
On recherche à diviser ici, le problème en deux composantes : F la force totale qui s'exerce sur la voiture et W le travail que fournit 1L d'essence pour faire avancer la voiture. Puis la formule du travail $W = F \times d$ permet de retrouver d la distance que peut parcourir la voiture.

Avec les techniques : mentir habilement, utiliser les moyens du bord et suivre ses intuitions ; nous estimons les variables vues ci-dessus :

Par intuition, les valeurs suivantes sont proposées :

- Vitesse $\approx 30\text{m/s}$ (autoroute, environ 96 km/h. Disons que *peu* des gens roulent à cette allure)
- Surface $\approx 2,5\text{ m}^2$ (un estimé pour une berline moyenne)
- Densité $\approx 1,2\text{ kg/m}^3$ (on aurait pu aller à davantage pour de l'air froid)
- $C_D \approx 0,3$ (les puits de roues et la surface inférieure – sous la voiture – de même que les rétroviseurs limitent les possibilités de faire beaucoup mieux)

La Lightyear One est «la voiture la plus aérodynamique au monde»



La Lightyear One, un prototype conçu par la start-up néerlandaise Lightyear, a un coefficient de traînée de 0,20, ce qui en ferait «la voiture la plus aérodynamique au monde» si elle était sur le marché.

Publié le 30 octobre 2019 à 17h43



Puis, la force de traînée exercée sur la voiture peut être estimée telle que :

- Trainée $\approx 0,3 \times (\frac{1}{2} \times 1,2 \times 2,5 \times 30^2) \approx 400$ N

Par intuition et mensonge habile, la force de résistance des roulements est supposée égale à :

- Résistance au roulement $\approx 0,01 \times m \times g \approx 0,01 \times 1500 \text{ kg} \times 10 \approx 150$ N

Finalement, la force totale F est :

- Force totale ≈ 550 N

Ensuite, pour la seconde partie du problème : par intuition, sur la densité volumique et la densité énergétique, l'énergie que fournit 1L d'essence est estimé avec la formule ci-dessous :

- Essence $1 \text{ L} \times 0,85 \text{ kg/L} \times 40 \text{ MJ/kg} \approx 34 \text{ MJ}$

(Notez qu'à la fin de ce cours vous connaîtrez sûrement le pouvoir calorifique et la densité des hydrocarbures courants)

Ainsi, on retrouve la distance plausible réalisable avec la voiture avec la formule du travail, $W = F \times d$, donc $d \approx 34 \text{ MJ} / 550 \text{ N} = 62 \text{ km}$. Ainsi, ça ne semble pas impossible ($62 \text{ km} \approx 100 \text{ km}$), mais difficile:

- Le dénivelé parcouru est négligé ;
- Il ne faut pas dépasser 100 km/h ($30 \times 3,6$) ;
- Il faudrait réduire la masse, qui ici est implicitement de 1000 kg environ, incluant les passagers.

Ce raisonnement tient-il la route ? Poser la question, c'est y répondre. Qu'est-ce qui manque de crucial dans ce raisonnement ? Le rendement de conversion de l'énergie contenue dans le carburant en énergie mécanique pour FAIRE le travail. Ainsi, si un litre d'essence contient bel et bien 34 MJ (environ), lorsque passé par un moteur classique, il produira environ un quart de cette énergie en travail mécanique. L'autonomie tombe alors à 16 km (moins sympa).

Avec un réservoir de 50 L , cette voiture peut espérer faire 800 km mais elle consomme plutôt $6,3 \text{ L}/100 \text{ km}$. Certes, la Lightyear illustrée plus haut possède de facto un C_D pouvant permettre de prédire $4 \text{ L}/100 \text{ km}$, mais on a eu soin de lui adjoindre un moteur ... électrique.

Pour conclure sur la question est-ce transposable à une voiture « normale » ? La réponse est non. Il faudrait faire un ensemble de compromis et de modifications considérable afin que cela puisse se faire et à ce moment, le véhicule résultant serait tout sauf « normal », si tant est que nous considérons les gouffres à essence qui sillonnent nos routes et empoisonnent nos existences et celles des autres espèces comme des choses « normales » !.