



## 1.1 EXERCICES DE TECHNIQUE D'ESTIMATION EN ENERGIE

### Exercice 1.1.m Estimation voiture 2CV :

Peut-on créer une 2CV (figure 1, pour celles et ceux qui ne connaîtraient pas ce véhicule exceptionnel) électrique avec une batterie de 50 kWh et 400 km d'autonomie? Cette question tarabuste Daniel Rousse depuis l'an 2000, année où il a acquis une « dedeuche » qu'il entrepose chez un ami à Genas, près de l'aéroport de St-Ex. Il les aime tellement, que c'est sa voiture estivale aussi au Québec (Une AZAM 1968 dont il est le second propriétaire...)

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.



Figure 1 : Citroën 2CV type

**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 cela est plausible mais sans aucun doute compliqué à réaliser. Soyons optimistes!

**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 :

Comme dans le problème précédent, le problème est scindé 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, on estime les variables suivantes :

- Vitesse  $\approx 25$  m/s (autoroute, moins rapide que les voitures normales : Slogan- Ceci n'est pas une voiture mais un art de vivre)
- Surface  $\approx 1,65$  m<sup>2</sup> (c'est vraiment pas une grosse voiture, 535 kg)
- Densité  $\approx 1,2$  kg/m<sup>3</sup>
- $C_D \approx 0,5$  (Aouch, loin de la LightYearOne!, en fait c'est pire, 0,52!)

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

- Trainée  $\approx 0,5 \times (\frac{1}{2} \times 1,2 \times 1,65 \times 25^2) \approx 310$  N (moins que pour une bagnole normale)

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

- Résistance au roulement  $\approx 0,01 \times m \times g \approx 0,01 \times 700$  kg  $\times 10 \approx 70$  N (la masse comprend les passagers)

Finalement, la force totale  $F$  est :

- Force totale  $\approx 380$  N

Par intuition sur le pourcentage d'énergie exploitable sur les 50 kWh la deuxième composante de diviser et conquérir est estimée :

- Énergie disponible: 80% de 50 kWh  $\approx 40$  kWh  $\times 3,6$  MJ/kWh  $\approx 150$  MJ (exact 144 MJ)

Or, par expérience il faut appliquer une efficacité sur ce que peut fournir la batterie afin d'affiner l'estimation sur la deuxième composante :

- Efficacité globale de la voiture électrique  $\approx 0,9$

Ainsi, il est possible de calculer la distance parcourue par la 2CV avec une batterie de 50 kWh en employant la simple formule du travail,  $W = F \times d$ , donc  $d = 144\text{MJ}/380\text{N} \approx 150$  MJ / 400 N  $\approx 375$  km (exact 380 km). Ainsi, ça semble plausible! En effet, 380 km  $\approx$  400 km. Ainsi, ce n'est pas impossible car du même ordre de grandeur, mais:

- Le dénivelé parcouru est encore négligé mais la régénération est ici possible ;
- Il ne faut pas dépasser 90 km/h (25  $\times$  3,6) ;
- Il faudrait réduire la trainée (0,5  $\Rightarrow$  0,25) mais ce ne serait plus une 2CV...et la friction (0,01 à 0,007) en améliorant les roulements originaux ;
- Il ne faut pas négliger la masse des batteries elles-mêmes !!!