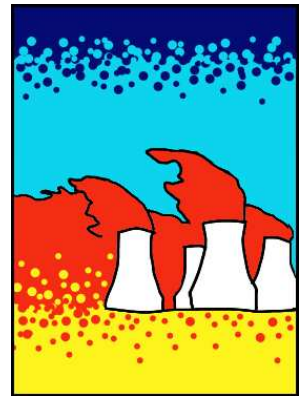


L'énergie durable — Pas que du vent !

Première partie

Des chiffres, pas des adjectifs



3 Voitures

Commençons cette série de chapitres dédiés à la consommation par cette icône de la civilisation moderne : la voiture avec un seul occupant.

Combien de puissance consomme un automobiliste régulier ? Une fois les taux de conversion connus, c'est de l'arithmétique toute simple :

$$\text{énergie utilisée par jour} = \frac{\text{distance parcourue par jour}}{\text{distance par unité de volume de carburant}} \times \text{énergie par unité de volume de carburant.}$$

Comme **distance parcourue par jour**, prenons 50 km.

Comme **distance par unité de volume de carburant**, également connue comme la consommation de la voiture, prenons une valeur moyenne de 8,5 litres/100 km (j'ai trouvé cette consommation sur une publicité pour une voiture familiale) :

$$100 \text{ km} / 8,5 \text{ litres} \simeq 12 \text{ km/litre.}$$

(Le symbole « \simeq » signifie « à peu près égal à ».)

Qu'en est-il de l'**énergie par unité de volume de carburant** (également appelée la **valeur calorifique** ou la **densité énergétique**) ? Au lieu de la chercher directement dans des livres, ça peut être amusant d'essayer d'en faire une estimation en réfléchissant deux secondes. Les carburants automobiles (essence ou gazole, peu importe) sont tous des hydrocarbures ; et des hydrocarbures, on peut aussi en trouver sur notre table au petit-déjeuner, avec, sur le côté de leur emballage, leur valeur calorifique : environ 8 kWh par kg (figure 3.2). Nous avons estimé la consommation de la voiture en kilomètres par unité de *volume* de carburant ; il nous faut maintenant exprimer la valeur calorifique comme une énergie par unité de *volume*. Pour convertir les « 8 kWh par kg » de notre carburant (une énergie par unité de *masse*) en une énergie par unité de volume, nous avons besoin de connaître la densité du carburant. Quelle est la densité du beurre ? Eh bien, le beurre flotte tout juste sur l'eau, tout comme les fuites de carburant, donc sa densité doit être légèrement inférieure à celle de l'eau, qui est de 1 kg par litre. Si l'on suppose une densité de 0,8 kg par litre, on obtient alors une valeur calorifique de :

$$8 \text{ kWh par kg} \times 0,8 \text{ kg par litre} \simeq 7 \text{ kWh par litre.}$$

Plutôt que de poursuivre délibérément avec des estimations peu précises, passons maintenant à la valeur réelle, pour l'essence, qui est de 10 kWh



FIGURE 3.1. Voitures. Une BMW rouge « écrasée » par un vaisseau spatial venu d'une autre planète.



FIGURE 3.2. Vous voulez savoir combien il y a d'énergie dans le carburant des voitures ? C'est facile : regardez l'emballage d'un paquet de beurre ou de margarine. La valeur calorifique est de 3 000 kJ pour 100 g, soit environ 8 kWh par kg.

par litre.

$$\begin{aligned} \text{énergie consommée} &= \frac{\text{distance parcourue}}{\text{par jour}} \times \text{énergie par unité de} \\ \text{par jour} &= \frac{\text{distance par unité de}}{\text{volume de carburant}} \times \text{volume de carburant} \\ &= \frac{50 \text{ km/jour}}{12 \text{ km/litre}} \times 10 \text{ kWh/litre} \\ &\simeq 40 \text{ kWh/jour.} \end{aligned}$$

Bravo! Nous avons fait notre première estimation de consommation. J'ai placé cette estimation dans la pile de gauche de la figure 3.3. La hauteur de la boîte rouge représente 40 kWh par jour et par personne.

Cette estimation vaut pour un automobiliste standard conduisant une voiture standard aujourd'hui. Dans les prochains chapitres, nous parlerons de la consommation *moyenne* de tout le monde en Grande-Bretagne, en tenant compte du fait que tout le monde ne se déplace pas en voiture. Nous discuterons aussi, dans la seconde partie de ce livre, de ce que la consommation *pourrait* devenir, si l'on faisait appel à d'autres technologies, comme les voitures électriques.

Pourquoi la voiture consomme-t-elle 8,5 litres sur 100 km? Où va cette énergie? Est-il possible de fabriquer des voitures qui pourraient parcourir 1 200 kilomètres avec un seul litre? Si l'on a envie d'essayer de réduire la consommation des voitures, il faut comprendre les lois de la physique qui la régissent. Toutes ces questions trouvent leur réponse dans le chapitre technique A (page 300), qui explique, sous la forme d'un dessin, la théorie de la consommation des voitures. Je vous recommande la lecture des chapitres techniques si les formules du genre $\frac{1}{2}mv^2$ ne vous donnent pas trop mal à la tête.

Conclusion du chapitre 3 : un automobiliste standard consomme environ 40 kWh par jour. A présent, il nous faut poursuivre en parlant de la pile de droite — la production d'énergie durable — afin d'avoir des éléments comparables.

Interrogations

Et le coût en énergie pour produire le carburant de la voiture?

Bonne question! Quand j'estime l'énergie consommée par une activité donnée, j'ai tendance à choisir un cadre limité autour de cette activité. Ce choix facilite l'estimation, mais je reconnais que c'est une bonne idée d'essayer d'estimer l'impact énergétique global d'une activité. Par exemple, on estime que chaque unité d'essence nécessite un apport de 1,4 unités de pétrole et d'autres combustibles primaires (Treloar et al., 2004).

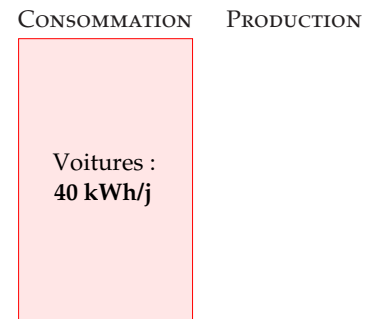


FIGURE 3.3. Conclusion du chapitre 3 : un automobiliste standard consomme à peu près 40 kWh par jour.

Et le coût en énergie pour fabriquer la voiture elle-même ?

En effet, ce coût sort aussi du cadre du calcul que nous avons fait. Nous parlerons de la fabrication de voitures dans le chapitre 15.

Notes et bibliographie

Page n°

34 *Comme distance parcourue par jour, prenons 50 km.* Cela correspond à 18 000 km par an. A peu près la moitié de la population britannique prend le volant pour aller travailler. La distance totale parcourue en voiture au Royaume-Uni est de 686 milliards de passagers-km par an, ce qui correspond à une « distance moyenne parcourue en voiture par personne » de 30 km par jour. Source : Ministère britannique des Transports [5647rh]. Comme je l'ai dit à la page 25, je cherche à estimer la consommation d'une « personne type moyennement riche » — consommation à laquelle beaucoup de gens aspirent. Certaines personnes conduisent peu. Dans ce chapitre, je tiens à estimer l'énergie consommée par une personne qui choisit de prendre le volant, plutôt que de donner une réponse plus impersonnelle en indiquant la moyenne du Royaume-Uni, qui mélange conducteurs et non-conducteurs. Si je disais « l'utilisation moyenne d'énergie pour la conduite automobile en Grande Bretagne est de 13 kWh/j par personne », je suis sûr que certaines personnes l'interpréteraient de travers en disant : « Je conduis une voiture, donc je suppose que je consomme 13 kWh/j ».

34 *... prenons 8,5 litres/100 km.* Ce chiffre représentait la moyenne de consommation des voitures britanniques en 2005 [27jdc5]. Les voitures à essence ont une consommation moyenne de carburant de 9,1 litres/100 km ; les voitures diesel, de 7,2 litres/100 km ; les voitures à essence récentes (moins de deux ans), de 8,8 litres/100 km. Source : Ministère britannique des Transports, 2007. Honda, « le constructeur des voitures les plus efficaces d'Amérique », indique que sa flotte de voitures neuves vendues en 2005 affiche un chiffre record de 8,1 litres/100 km [28abpm].

– *Si l'on suppose une densité de 0,8 kg/L.* La densité de l'essence est de 0,737. Celle du gazole est comprise entre 0,820 et 0,950 [nmn41].

35 *... la valeur réelle de 10 kWh par litre.* L'ORNL [2hcgdh] fournit les valeurs calorifiques suivantes : gazole, 10,7 kWh/L ; kérosène, 10,4 kWh/L ; essence, 9,7 kWh/L. Si vous regardez de plus près les valeurs calorifiques, vous trouverez des « valeurs calorifiques brutes » et « valeurs calorifiques nettes » (que l'on trouve aussi sous l'appellation « valeurs calorifiques hautes » et « valeurs calorifiques basses »). Celles-ci diffèrent seulement de 6 % pour les carburants. Il n'est donc pas essentiel de les distinguer ici, mais permettez-moi quand même une petite explication. La valeur calorifique brute est l'énergie chimique réelle libérée lorsque le combustible est brûlé. Parmi les produits de la combustion, on trouve de l'eau, et dans la plupart des moteurs et des centrales de production d'énergie, une partie de l'énergie libérée s'en va sous forme de chaleur, qui sert à vaporiser cette eau. La valeur calorifique nette

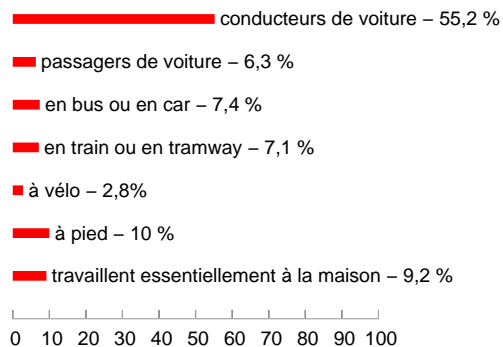


FIGURE 3.4. Comment les Britanniques se rendent au travail (cf. recensement de 2001).

valeur calorifique	
essence	10 kWh par litre
gazole	11 kWh par litre

mesure la quantité d'énergie restante une fois l'énergie de vaporisation mise de côté.

Si on se demande « avec mon mode de vie, combien d'énergie est-ce que je consomme ? », il convient d'utiliser la valeur calorifique brute. Par contre, la valeur calorifique nette a un intérêt pour l'ingénieur énergétique qui doit décider quel combustible il doit brûler dans sa centrale pour produire de l'énergie. Dans ce livre, j'ai essayé d'utiliser les valeurs calorifiques brutes. Une dernière remarque pour terminer, à l'adresse des rabat-joie pinailleurs qui diront que « le beurre n'est pas un hydrocarbure » : c'est vrai, le beurre n'est pas un hydrocarbure *pur*. Mais dire que le principal constituant du beurre est composé de longues chaînes hydrocarbonées, tout comme le pétrole, c'est une bonne approximation de la réalité. La preuve : cette estimation nous a amenés à moins de 30 % de la réponse correcte. Bienvenue dans le monde de la vulgarisation de la physique.

