

Notre-Dame de Paris : quelques rappels de chimie, physique et géométrie



[Source : aitia.fr]

Par François Roby

Dans le cours sur l'énergie que j'ai donné depuis de nombreuses années à l'université, j'insiste lourdement pour que mes étudiants comprennent une caractéristique importante de nos sociétés dites « évoluées » : elles ne sont pas seulement dépendantes à l'énergie mais aussi dépendantes à la *puissance*, ce qui, en physique, désigne l'énergie consommée par unité de temps. Autrement dit, non seulement nous avons besoin de beaucoup d'énergie pour le transport, le chauffage, la production industrielle..., mais nombre de ces usages requièrent l'utilisation de *beaucoup d'énergie en peu de temps*, ce que nous mesurons en watts (1 watt = 1 joule par seconde) ou ses multiples (kilowatts, mégawatts...).

Exemple : lorsque nous prenons l'avion, la consommation d'énergie par passager n'est pas, en soi, astronomique (elle correspond, pour de gros avions long-courriers bien remplis, à 3 ou 4 litres de kérosène aux 100 km), mais les moteurs de l'avion doivent être extrêmement puissants afin de lui permettre de voler vite et d'accélérer fort lors du décollage. Dans un des exercices que je donne à mes étudiants, on estime par exemple que, sur la totalité d'un vol à très longue distance, la puissance moyenne¹ requise *par passager* est comprise entre 350 et 400 kW, alors qu'une automobile moyenne roulant à 130 km/h sur autoroute horizontale demande moins de 100 kW, et un cycliste roulant tranquille à 20 km/h sur le plat, de l'ordre de quelques centaines de watts² seulement.

Cette simple considération permet de comprendre l'avantage stratégique de certaines énergies par rapport à d'autres, et notamment le pétrole. En effet, la plupart de l'énergie consommée dans le monde (environ 4/5) provient du charbon, du pétrole et du gaz, c'est-à-dire de matière qui brûle (le bois, bien sûr, est un autre exemple). Or la *vitesse de libération d'énergie* (c'est-à-dire la *puissance*) par cette matière en combustion dépend de

plusieurs facteurs :

- la concentration en dioxygène dans l'air (à peu près constante à l'air libre, mais qui peut baisser rapidement dans les endroits confinés, « asphyxiant » le feu) ;
- la nature chimique de cette matière (mais c'est un effet assez faible, toutes les réactions chimiques libérant des énergies du même ordre de grandeur) ;
- et surtout, le caractère plus ou moins divisé de cette matière, qui conditionne son rapport surface/volume : il s'agit d'un effet purement géométrique.

Chacun sait que pour allumer un feu de bois, on ne se contente pas de jeter une allumette sur une grosse bûche : cela ne fonctionne pas. Il faut d'abord utiliser du « petit bois » – voire du papier – qui, en se consumant rapidement (en dégageant localement une grande *puissance thermique*), permet d'élever suffisamment la température d'une zone de la bûche pour qu'elle daigne prendre feu.

La concentration en dioxygène dans l'air libre étant quasi constante, et les combustibles se valant à peu près en quantité d'énergie par unité de masse ou de volume³, c'est la facilité pour un combustible à présenter un rapport surface/volume important qui va conditionner son aptitude à dégager une grande puissance thermique en produisant une combustion rapide.

C'est bien évidemment à l'état gazeux que le combustible est le plus finement divisé : chaque molécule de combustible peut alors instantanément se combiner avec une molécule de dioxygène et dégager de l'énergie très rapidement. D'où les dangers des fuites de gaz, surtout en présence d'allumettes ou d'étincelles qui créent localement la température très élevée nécessaire pour amorcer la réaction... Inversement, dans un bloc solide massif, seule la surface du combustible est en contact avec le dioxygène de l'air, tout ce qui se trouve à l'intérieur attendant sagement que le front de combustion progresse pour se retrouver à son tour à l'air libre. D'où une *puissance* beaucoup plus faible, celle d'un feu de cheminée où se consomment lentement de grosses bûches, par exemple. Dit en termes géométriques : la surface d'un solide varie comme le carré de sa dimension, son volume varie comme le cube, donc le rapport surface/volume est inversement proportionnel à la dimension (pour une forme donnée) : plus c'est petit, plus le rapport surface/volume est grand et plus la réaction de combustion est rapide, donc la puissance thermique dégagée grande.

L'état *liquide* est, pour cette raison, la forme idéale du combustible dans beaucoup de domaines consommant de l'énergie, et en particulier le transport : facile à transporter et à stocker (contrairement au gaz), avec à peu près le même contenu en énergie par unité de masse ou de volume que le solide, il est contrairement à lui très facile à diviser finement au moyen

d'injecteurs à haute pression qui en font de microscopiques gouttelettes, dans les moteurs d'avion ou ceux de nos voitures. De là vient l'intérêt stratégique pour le pétrole... et toutes les guerres qui vont avec.

Pourtant, le charbon continue d'être une des principales énergies utilisées dans le monde – juste derrière le pétrole – et en particulier pour la production d'électricité, où il constitue de loin la ressource principale, voire quasi exclusive, dans certains pays. Ainsi en Chine c'est 70 % de l'électricité qui provient du charbon et en Pologne 80 %. Comment est-ce donc possible, sachant que les centrales électriques produisent des puissances qui se chiffrent en centaines de mégawatts, voire gigawatts (milliards de watts) ? Là encore, pas de miracle : pour obtenir une puissance thermique importante avec du charbon, on le réduit en poussière, et le brûle avec la technique dite du lit fluidisé.

Bref, à moins de croire aux miracles, il est totalement déraisonnable de penser que de grosses poutres en chêne puissent s'enflammer accidentellement à cause d'un mégot ou d'une étincelle électrique, et se consumer à grande vitesse. Autrement dit, l'incendie de Notre-Dame ne peut pas avoir été accidentel, malgré les premières affirmations des autorités, qui sont au choix totalement incompétentes ou... pire. D'ailleurs, avec une forme de prudence qui s'apparente à de la politesse, l'ancien architecte en chef des monuments historiques Benjamin Mouton, en charge de la cathédrale jusqu'en 2013, s'est dit « stupéfait » de cet incendie, en ajoutant qu'« *il faut une vraie charge calorifique au départ pour lancer un tel sinistre. Le chêne est un bois particulièrement résistant.* »

De plus, il est particulièrement optimiste (ou naïf) de croire que le lieu était aussi bien gardé que le bunker de Macron. La preuve en images (à ne pas regarder pour les personnes sujettes au vertige) :

Reste donc à trouver les criminels. Et à ne pas se tromper comme on l'a déjà fait dans le passé, et continue à le faire pour une grande majorité de personnes, sur des événements encore plus médiatisés.

On ne le dira jamais assez : la chimie, la physique et la géométrie ne servent pas qu'à passer des examens et des concours. Un peuple ignorant est un peuple docile car crédule.

[Voir aussi les commentaires sur le site source.]

1 Calculée sur la base de l'énergie de combustion du carburant.

2 Calculée dans ce cas sur le contenu énergétique de la nourriture qui

alimente le cycliste, et non sur le travail musculaire fourni !

3 Il y a bien sûr des différences : le bois par exemple dégage moins d'énergie par unité de masse ou de volume que le pétrole, mais ce n'est pas déterminant.