

La fusée à mélange : butane + oxygène

(CLASSE DE 3^e)

par Jean-Louis CORBEL,

Collège P.-et-M.-Curie, 56700 Hennebont.

L'énergie dégagée par la combustion explosive d'un mélange de gaz combustible (ici, le butane commercial) avec l'oxygène peut servir à la propulsion du récipient qui contient ce mélange. Pour obtenir un déplacement conséquent, il est nécessaire de disposer :

- d'un volume suffisant de mélange,
- d'un récipient à la fois rigide pour résister à l'explosion et, en même temps, léger pour présenter une faible inertie.

L'utilisation d'une bouteille en P.V.C. de 1,5 l et de masse 50 g (emballage d'eau minérale) permet de satisfaire aux deux conditions.

On choisira un modèle de bouteille avec un goulot assez allongé. D'autre part, il est nécessaire de découper le goulot pour avoir une ouverture suffisante ($\varnothing = 6,5$ cm convient). En effet, une ouverture trop petite entraînera un éclatement de la bouteille avec projection d'éclats, ce qui présente un danger. D'ailleurs, l'expérience doit se dérouler à l'extérieur et à quelques mètres de toute personne. Pour avoir une bonne découpe du goulot, on peut utiliser un cutter que l'on déplace suivant le contour d'un verre coiffant correctement le goulot. On a ainsi la fusée avec une forme de tuyère (sortie convergente) pour la sortie des gaz brûlés, ce qui permet un meilleur rendement de propulsion du fait de l'accroissement de vitesse des gaz (augmentation de la quantité de mouvement).

Le combustible utilisé est le butane commercial qui a les caractéristiques suivantes [1] :

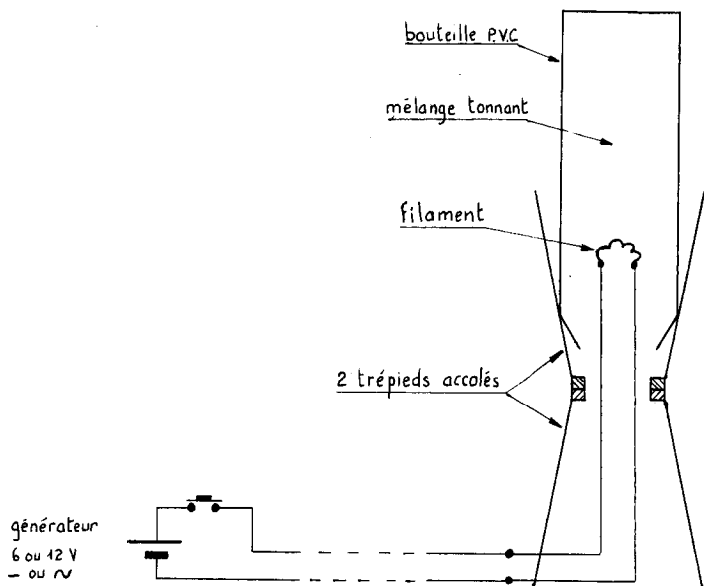
pouvoir calorifique	: 31,7 th/m ³ ,
pouvoir comburivore	: 29,3 m ³ air/m ³ butane,
température d'inflammation	: 530°C.

La composition du mélange tonnant est de 1 volume de butane pour 6 volumes d'oxygène (au lieu de 1 pour 6,5 avec le butane pur).

L'utilisation d'une éprouvette graduée permet de déterminer la contenance de la bouteille découpée et aussi de placer le repère indiquant le volume de butane à introduire, le remplissage étant terminé avec l'oxygène fourni par une bouteille d'acier. L'introduction des 2 gaz s'effectue bien sûr avec la bouteille renversée sur la cuve à eau.

L'allumage se fait par un filament porté au rouge par un courant électrique et est commandé à distance : environ 5 m. On peut utiliser le filament d'un allume-gaz à pile mais il est détruit à chaque expérience et comme ce produit n'est plus guère commercialisé, il vaut mieux fabriquer un dispositif — à renouveler à chaque expérience — en soudant une mèche de 1 à 2 cm de laine de fer (extraite d'un tampon à récurer) à 2 fils conducteurs de 30 cm chacun. Les 2 bornes de ce filament sont reliées par 2 conducteurs de 5 m à l'alimentation constituée d'une batterie ou d'un générateur de laboratoire 6 ou 12 V et d'un bouton-poussoir. La résistance du circuit — environ $3\ \Omega$ — ne permet pas l'allumage par piles.

Les 2 fils portant le filament sont maintenus verticaux par une pince en bois et pénètrent à l'intérieur de la « fusée » renversée sur un support constitué de 2 trépieds accolés.



Avant de poser la bouteille-fusée sur le support, il est indispensable de la tenir renversée un instant (mais toujours bouchée) pour rendre homogène le mélange gazeux préparé quelques minutes auparavant.

Il ne reste plus qu'à procéder à la mise à feu ; la bouteille est soufflée jusqu'à une hauteur voisine de 10 m.

Dans l'espoir d'améliorer la performance, on peut prolonger la tuyère par un morceau du goulot d'une autre bouteille (collage à l'araldite) de manière à avoir une sortie divergente mais cette modification n'apporte pas d'amélioration sensible.

Cette expérience est une illustration du principe des actions réciproques qui se passent entre la bouteille et les gaz brûlés :

- la paroi interne de la bouteille force les gaz brûlés à s'échapper par l'ouverture, c'est la force d'action subie par les gaz ;
- réciproquement ces gaz exercent en retour sur la bouteille la force de réaction responsable du mouvement d'ascension ; c'est la propulsion par réaction.

Il est possible de calculer le rendement de la transformation d'énergie dans ce moteur fusée :

- L'énergie d'entrée est l'énergie calorifique de la combustion, soit environ 1,5 l de mélange dans lequel il y a : $1,5 : 7 = 0,214$ l de butane dont la combustion libère la quantité d'énergie :

$$\frac{31,7 \times 10^6 \times 4,184}{10^3} \times 0,214 \simeq 28,4 \times 10^3 \text{ J.}$$

- L'énergie de sortie est l'énergie potentielle acquise par la « fusée » au sommet de sa trajectoire. En supposant une montée de 10 m pour un poids d'environ 0,5 N, cette énergie vaut : $10 \times 0,5 = 5 \text{ J.}$
- Le rendement $[5 : (28,4 \times 10^3)] \times 100 \simeq 0,02 \%$ est très mauvais (en est-il de même pour Ariane ?)
- Une très faible partie de l'énergie d'entrée sert à la propulsion, l'essentiel est emporté par les gaz brûlés sous forme calorifique et cinétique.

REFERENCE

- [1] *Sciences physiques.* — Livre du maître. Classe de 6^e. Collection Lacourt-Chirouze.