

La Force Ascensionnelle Libre

C'est la résultante de la poussée d'Archimède et du poids : $FAL = \Pi - P_{montée}$

Si elle est positive, le ballon monte. Si elle est négative le ballon descend. Si elle est nulle le ballon stagne à l'horizontale.

Pour faire décoller le ballon il faut donc une FAL non nulle et positive. Pour des ballons de jeunes, le CNES conseille des FAL permettant d'obtenir des vitesses de montée de 4 m.s^{-1} à 5 m.s^{-1} selon le tableau ci-contre.

| Type de ballon | Force ascensionnelle libre | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Vitesse de montée de l'ordre de 4 m/s | Vitesse de montée de l'ordre de 5 m/s |
| 600 g | 9 N | 15 N |
| 1000 g | 10 N | 16 N |
| 1200 g | 10 N | 17 N |
| 2000 g | 11 N | 18 N |

La FAL est constante au cours de la montée :

Le poids étant constant, la FAL peut varier uniquement par l'intermédiaire de la poussée d'Archimède à cause de la diminution de la densité de l'air et de l'augmentation du volume du ballon. L'hélium et l'air étant considérés comme des gaz parfaits, on a en première approximation :

$$P_{\text{hél}} \cdot V_{\text{bal}} = n_{\text{hél}} \cdot R \cdot T \quad \text{pour le ballon et} \quad P_{\text{air}} \cdot M_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \cdot R \cdot T$$

$n_{\text{hél}}$ est la quantité d'hélium injectée dans le ballon au gonflage et M_{air} est la masse molaire de l'air. $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ est la constante des gaz parfaits et T est la température du gaz en K.

Comme il y a équilibre des pressions intérieures et extérieures au ballon, $P_{\text{hél}} = P_{\text{bal}}$. Ce qui permet d'écrire :

$$V_{\text{bal}} = \frac{n_{\text{hél}} \cdot M_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} \quad \text{et donc} \quad \Pi = \rho_{\text{air}} \cdot V_{\text{bal}} \cdot g = n_{\text{hél}} \cdot M_{\text{air}} \cdot g$$

Comme la quantité d'hélium dans le ballon et la masse molaire de l'air sont constantes, la poussée d'Archimède est constante. La FAL est donc constante au cours de la montée du ballon sonde.

Ce résultat est valable tant que les pressions intérieure et extérieure au ballon sont égales, c'est à dire tant que l'enveloppe du ballon reste élastique, donc avant d'atteindre son volume maximum avant éclatement.

La FAL s'annule à culmination :

Lorsque le ballon atteint son volume maximal mais n'éclate pas, l'enveloppe ne peut plus s'étendre. Le volume du ballon devient constant. Le ballon continuant à monter, la densité de l'air diminue. La poussée d'Archimède diminue jusqu'à ce que la FAL s'annule. Le ballon plafonne alors à son altitude maximale. En pratique les ballons de jeunes sont étudiés pour éclater avant d'atteindre cette altitude. En effet, la pression à l'intérieure du ballon devient supérieure à la pression extérieure et pousse donc sur l'enveloppe qui se déchire si elle n'est pas suffisamment résistante.

Les ballons professionnels dits « plafonnants », ont des enveloppes suffisamment résistantes pour dériver plusieurs heures. Des systèmes de soupape sont utilisés pour évacuer le surplus d'hélium correspondant à la surpression. Ils permettent des vols à haute altitude pendant plusieurs jours.