Collection BRAF : wiki ballons n° 1.0

f6agv @ free.fr - Alain Verbrugge

CONDITION DE DECOLLAGE D'UN BALLON SOLAIRE

photo : f6agv

Introduction :

Pour assurer un décollage presque parfait, étant donné que la procédure est plus complexe, qu'avec le ballon hélium, il faut retenir ceci :
1- obtenir le volume le plus grand possible : la poussée d'Archimède en dépend !
2- laisser le soleil chauffer l'enveloppe.
3- l'enveloppe va se dresser, progressivement en position verticale. Mais il faut attendre et retenir le ballon, tenir compte du point 4.
4- surveiller la température interne qui doit être supérieure à la température ambiante.
Les calculs vous aident à réussir le décollage du ballon solaire. Captif ou libre.

Bilan des forces en présence :

Poussée d'Archimède : on démontre que c'est **le produit**, de la masse volumique de l'air extérieur à l'enveloppe, par le volume V et par l'accélération de la pesanteur g.

rho air extérieur * V * g c'est une force en newtons dirigée vers le haut (rho est la lettre grecque ρ)

Poids de l'air interne :

rho air intérieur * V * g

Poids des composants du ballon sauf air interne :

Enveloppe, charge, ficelle … somme des masses par l'accélération de la pesanteur g , sauf la masse de l'air interne :

m x **g**

Pour obtenir le décollage du ballon solaire, il suffit que la somme des forces en présence, soit positive. (et dirigée vers le haut) : V est le volume de l'enveloppe.

On négligera la poussée d'Archimède sur les éléments autres que l'enveloppe. (Trop petits).

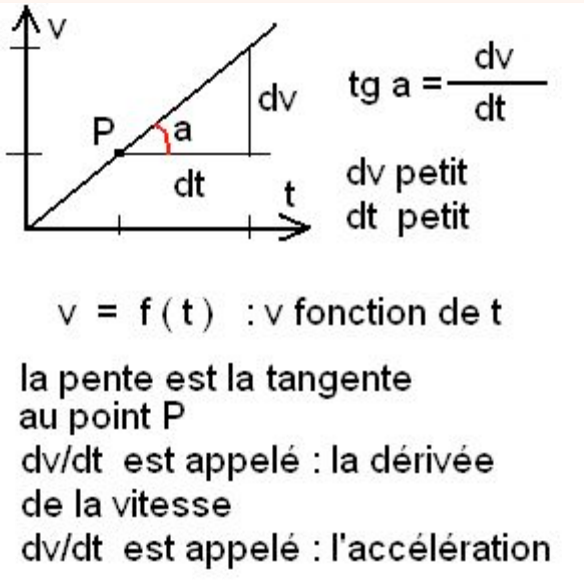
équation (0) : rho air ext * V * g - rho air int * V * g - m * g > 0
Remarques : la poussée d' Archimède est dirigée vers le haut, et les poids dirigés vers le bas suivant
la pesanteur du lieu, d'où le signe (-) pour les poids. Les forces, poussées ou poids sont exprimés en newtons. Mais nous utiliserons les kilogrammes plus parlants. (P = m * g).

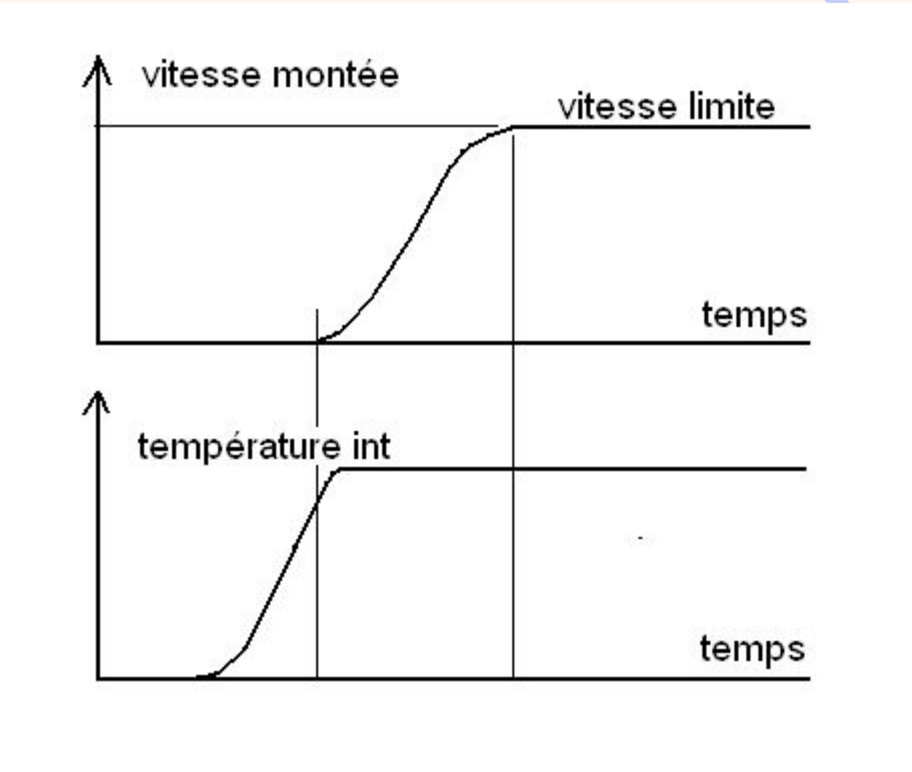
Le signe * signifie multiplier (ou x, ou .)

rho air ext * V * g - rho air int * V * g - m * g = Fal
Avec Fal : force ascensionnelle libre en N (newtons).
Elle doit être positive et dirigée vers le haut.

donc on écrira : Fal > 0 on écrira par la suite que Fal = m . dv / dt = R

dv = intervalle petit de la courbe de vitesse de montée : v = f (t) en m/s mètre par seconde, pendant un temps court dt en seconde.
dv / dt dérivée de la vitesse de montée , ou la pente de la courbe de vitesse de montée :
R résistance de l' air à la montée en N (newtons). Dirigée vers le bas car elle s'oppose à la montée.





[**Pour procéder au décollage d’un ballon solaire**](), il faut d’abord lui donner sa forme, son volume le plus grand possible, au moyen d’un ventilateur à air froid, pour voir apparaître … la poussée d’ Archimède : (rho air ext * V * g) Remarque : si le soleil donne de l’infrarouge, pas utile d’injecter de l’air chaud, car on risque une baisse de température après le décollage et une chute.

Exemple numérique : V = 47,713 m^3 (c’est un ballon de diamètre : 4,5 m) et g = 9,8 m/s^2 (pesanteur au sol , valeur pour le lieu).
La masse volumique de l’air ambiant (rho air ext) dépend de la température ambiante et de la pression atmosphérique. (Ainsi que de la composition chimique de l’air) :

rho air ext = p / (287,05 * (273,15 + T °C))
Cette relation ne sera pas démontrée ici.

Lire le signe / pour diviser et le signe * pour multiplier. Ici p est divisé par (287,05 * (273,15 + T °C))
p pression de l'air en pascal ou Pa
T température en °C
rho masse volumique de l'air ambiant en kg /m^3

On supposera pour cet exemple que la pression est normale 1013,25 hPa
et la température de 0°C.

rho air ext = 101325 / 287.05 . (273,15 + 0)
= 1,292 kg / m^3 d'air Un mètre cube d'air pèse 1,292 kg
(attention il faudrait parler de masse de l'air).

La poussée d' Archimède si le volume V serait maximal est :
rho air ext * V * g
= 1,292 * 47,713 * 9,8
= 604,122 newtons
ou 61,645 kg (attention dans la pratique, on donne souvent le poids en kilogramme, en ne tenant pas compte de g , sachant que P = m * g)

Pour la suite des calculs, on simplifiera par g :
g = accélération de la pesanteur = 9.81 m/ s^2 au sol
Remarque : s^2 signifie seconde au carré , c'est-à-dire s*s

équation (1) : rho air ext * V - rho air int * V - m > 0

L'équation (0) est débarrassée du paramètre g

la masse sauf air intérieur est estimée dans cet exemple à 2,2 kg (masses enveloppe + ficelles + charge).

Le ballon étant gonflé avec le ventilateur à un volume V proche de la valeur optimale de 47,713 m^3, on constate que l'air interne est à la même température que l'air externe !
Il n'y a pour l'instant aucun chauffage de l'air interne. (c'est une supposition car il y a des rayonnements infrarouges qui va chauffer le ballon et parfois de la convection qui va le refroidir).

Le bilan des forces est :
(rho air ext * V - rho air int * V) = 0 dans l'équation (1)
et il reste - m > 0 dans l'exemple numérique : -2,2 > 0 décollage impossible !

<u>**Maintenir le volume de l'enveloppe et faire chauffer l'air interne avec le soleil. (rayons infrarouges permanents sauf nuages !).**</u>

Pour que l'équation 1 soit positive et que le ballon décolle, seul le facteur rho air int intervient. Il faut que rho air int soit inférieur à rho air ext. Voir le bilan des forces ci-dessus.
On considère V et m constants ainsi que rho air ext pour un temps réduit.

(2) rho air ext * V - m > rho air int * V
ou rho air int < rho air ext - m / V
Remarque : on a divisé par V

Exemple numérique : rho air int < 1,292 - 2,2 / 47,713 = 1,24589 kg / m^3
La masse volumique de l'air interne doit être inférieure à 1,24589. Remarque : on écrira les nombres avec des chiffres après la virgule, pour augmenter la précision car les calculs se font en cascades.

La température interne doit augmenter et au dessus d'une certaine valeur, le ballon commence le décollage.
Il y a une période d'accélération jusqu'à atteindre la vitesse limite quand la Fal équilibre la résistance de l'air : Fal = R pendant toute la montée !
Si la température interne reste à la même valeur la vitesse limite ne changera pas. Le volume ne changera pas car le ballon est OUVERT à la base (voir photo).

Quelle est la valeur de la température interne minimale pour obtenir le décollage presque idéal du ballon solaire ?

On a vu que pour obtenir un décollage, il faut que la masse volumique de l'air interne soit inférieure à 1,24589 kg / m^3.
Quelle est la température interne dans ce cas ?

rho air int = p / 287,05 * (273,15 + T int)

Avec p pression atmosphérique en Pa
et T int la température interne en °C

= p / (78407,7075 + 287,05 * T int)

rho air int / p = 1 / (78407,7075 + 287,05 * T int)
p est passé de l'autre côté de l'équation et on inverse les membres de l'équation :

(287,05 * T int + 78407,7075) = p / rho air int
le nombre 78407,7075 passe de l'autre côté de l'équation

287,05 * T int = p / rho air int - 78407,7075

(3) T int = p / 287,05 * rho air int - 273,15
le nombre 287,05 passe de l'autre côté en divisant

La température interne doit être supérieure à cette valeur :

T int > 101325 / 287,05 * 1,24589 - 273,15 = 10,239 °C Il faut obtenir une température interne supérieure à 10,239 °C qui est juste la valeur au décollage.

La Fal sera fonction de la valeur de la température interne. Pour obtenir une vitesse de montée suffisante, il faudra augmenter la température interne. Mais en testant le tableur EXCEL joint en chargement, nous nous apercevons qu'il y aura une limite à cette vitesse, donc à la température interne !

Par exemple, la température interne s'établit à une valeur de 15 °C avec le soleil. (0° C en ambiant dans cet exemple).
Quelle sera la valeur limite de la vitesse de montée ?

Fal = rho air ext * V - p / 287,05 * (273, 15 + T int) - m (exprimé en kg)

Fal = 1,292 * 47.713 - 101325 / 287,05 (273,15 + 15) * 47,713 - 2,2
= 61.645 - 58,449 - 2,2
= 0,99619 kg

La résistance de l'air R pour cette valeur de Fal sera :

(4) R = Fal = 0,5 * Cx * S * rho air ext * v ^2 en N
Relation non démontrée ici.

avec Cx le coefficient de traînée d'une sphère = 0,5 (sans unité)
S la surface en coupe de la sphère du ballon = pi * r ^2 ou 0,7854 * d ^2
r : rayon du ballon d : diamètre du ballon en mètre
= 0,7854 . (4,5)^2
= 15,904 m^2

v la vitesse de montée en m/s
rho air ext masse volumique de l'air ambiant en kg/m^3

Exemple : pour une vitesse de montée de 5 m/s :

R = 0,5 * 0,5 * 15,9 * 1,292 * (5) ^2
= 128,4 newtons ou 13,10 kg (si on parle en kilo)

Note : Cx pas d'unité,
S en m^2,
Rho air ext en kg/ m^3 ,
et v2 en m^2 / s^2
ce qui donne des kg. m/ s^2 ou N

suivant P = m . g = kg . m/s^2 ou N

La vitesse de montée limite pour une température interne de 15°C :

(5) v^2 = Fal / 0,5 * Cx * S * rho air ext
d' où v = racine de ……..

v^2 = 0,99619 * 9, 80 / 0,5 * 0,5 * 15,904 * 1,292

$= \; 1{,}90$

d’ où $\quad v = 1{,}3785$ m/s

On ne pourra pas atteindre les 5 m/s avec ce ballon solaire.

Voir la feuille de calcul Excel : **Conditions de décollage d’un ballon solaire. xls**

Clin d’œil à F8KGL !