

- Problématique : Mettre en évidence l'influence de la vitesse de rotation des pâles sur la portance
- Compétence : Distinguer les différents types de vols (BO n° 11 du 12 mars 2015)
- Savoirs associés (BO n° 11 du 12 mars 2015) :
 - Caractérisation du poids
 - Equilibre des forces
 - Montée et descente
- Documents et matériels :
 - Un hélicoptère radiocommandé à gyroscope (58,80 € TTC chez Technologie Service),
 - Un pèse-aliment ou balance de cuisine numérique (22 € TTC chez Conrad),
 - Un tachymètre laser (60 € TTC chez Conrad),
 - Une masse d'haltère de 500 g (4 € TTC chez décathlon),
 - Deux élastiques pour lier la masse à l'hélicoptère.

La portance F_z est due à une dépression entre l'extrados et l'intrados de la voilure. Cette portance est exprimée par la relation :

$$F_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_z$$

F la portance, en N (Newton) – ρ la densité en kg/m^3 – V la vitesse, en m/s – S la surface en m^2 – C_z le coefficient de portance

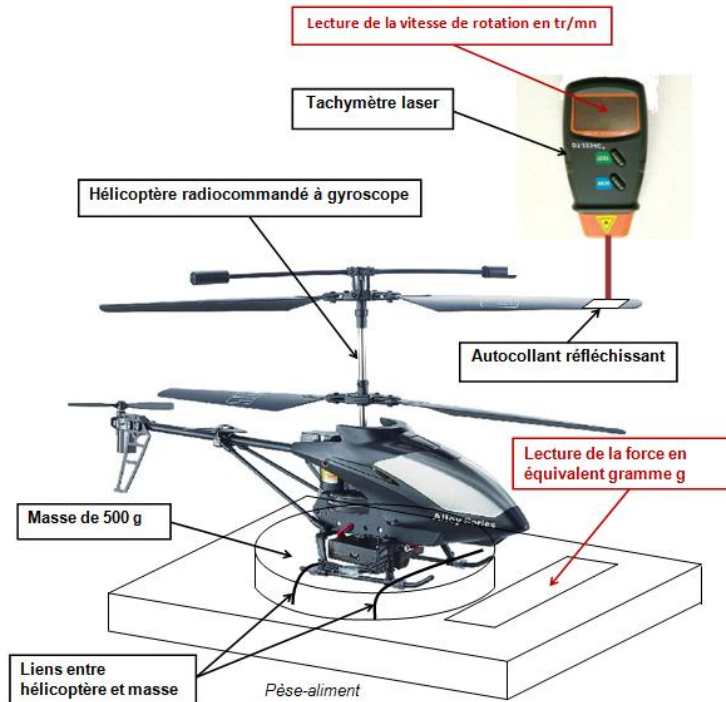
L'objectif de la manipulation est de vérifier s'il existe bien une influence de la vitesse de pénétration de la voilure dans l'air sur la composante verticale de la force aérodynamique (F_z). Pour cela, nous allons réaliser la courbe expérimentale de la portance F_z en fonction de la vitesse de rotation de la pale $F_z = f(N)$.

Banc de mesure :

Le banc de mesure est un hélicoptère radiocommandé lesté d'une masse de 500 g. Il est instrumenté avec :

- un tachymètre laser qui mesure et indique la vitesse de rotation (N) (l'unité de N est le tr/mn.),
- un pèse-aliment en guise de capteur de force. Nous relèverons l'équivalent gramme généré par la force et nous convertirons ensuite en Newton.

Attention : l'hélicoptère possède un rotor principal composé de **2 hélices**. Ces 2 hélices tournent en sens inverse pour contrer le couple induit qui tend à faire tourner la cellule. C'est 2 hélices tournent à la même vitesse et génère donc une même portance.



1- Procédure à suivre pour effectuer les mesures

- . Mettez le pèse-aliment sur « ON »
 - . Relevez la masse de l'ensemble « hélicoptère + masse »,
 - . Déduisez la masse de l'hélicoptère,
 - . Tarez le pèse-aliment pour qu'il affiche 0 dans ces conditions : appuyez sur « TARE ».
 - . Faites varier de façon croissante la vitesse de rotation du rotor principal,
 - . Relevez pour chaque vitesse de rotation l'équivalent gramme (en g) de la portance affiché sur le pèse-aliment. Il s'affiche une valeur négative. Vous relevez uniquement la valeur.
 - . Convertissez la valeur en N (Newton) en utilisant la formule $F_z = mxg$ (prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$),
 - . Trouvez la portance F_z dans le cas où une seule hélice tourne.
- Remarque : s'il y a qu'une hélice qui tourne, il y a 2 fois moins de portance.

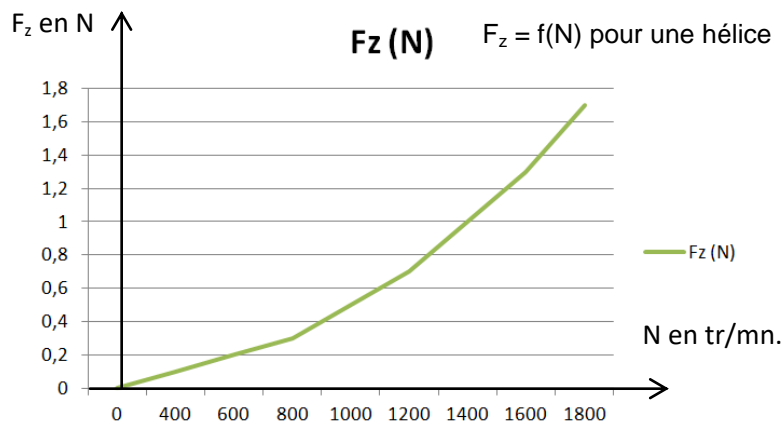
2- Relevés expérimentaux

. Complétez le tableau ci-dessous.

Vitesse de rotation en tr/mn.	Equivalent masse mesuré en kg	Portance totale mesurée en N (Newton) $F_{z(\text{totale})} = M \times g$ avec $g = 10 \text{ m/s}^2$	Portance en N (Newton) pour une hélice $F_z = \frac{1}{2} \times F_{z(\text{totale})}$
0	0	0	0
400	0,02	0,2	0,1
600	0,04	0,4	0,2
800	0,06	0,6	0,3
1000	0,1	1	0,5
1200	0,14	1,4	0,7
1400	0,2	2	1
1600	0,26	2,6	1,3
1800	0,34	3,4	1,7

3- Tracé de la relation entre Portance d'une hélice et sa vitesse de rotation

. Réalisez le tableau ci-dessus sur un tableur et affichez le graphe de la force de portance F_z en fonction de la vitesse de rotation : $F_z = f(N)$. Dessinez ensuite la courbe de la valeur de la portance F_z (en Newton) en fonction de la vitesse de rotation N (en tr/mn.) pour une hélice,

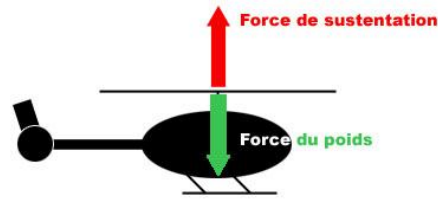


On remarque que cette courbe a l'allure d'une parabole : $F_z = a.N^2$

4- Analyse et exploitation des mesures

En vol stationnaire, la portance est égale au poids de l'hélicoptère.

$$F_z = P$$



Les deux forces sont égales

. Expliquez pourquoi le pèse-aliment affiche une valeur négative.

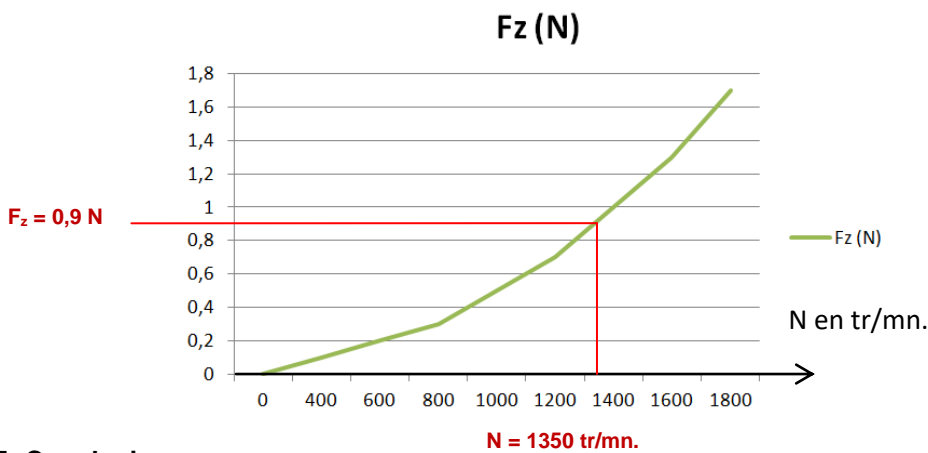
Après tarage, le pèse-aliment indique la valeur « 0 » est ce, pour une masse existante : celle de la masse de 500g + celle de l'hélicoptère. La portance générée par la rotation des hélices fait diminuer cette masse. Le pèse-aliment affiche donc des valeurs inférieures à « 0 », donc des valeurs négatives.

. Sachant que l'hélicoptère a une masse de 180 g, déterminez grâce à votre tracé précédent, la vitesse de rotation de chaque hélice pour un vol stationnaire.

$$m = 180 \text{ g} = 0,18 \text{ kg}$$

La portance nécessaire pour réaliser la situation d'équilibre serait de 1,8 N ($F_{z(\text{totale})} = m \times g$)

Dans l'hypothèse où les 2 hélices génèrent la même portance, chaque hélice devra générer 0,9 N.



5- Conclusion

. Donnez les 4 plages d'utilisation des vitesses de rotation des hélices en tr/mn.

Hélicoptère au sol	$N = 0 \text{ tr/mn.}$
Hélicoptère en montée verticale	$1350 \text{ tr/mn.} < N < 1800 \text{ tr/mn.}$
Hélicoptère en vol stationnaire	$N = 1350 \text{ tr/mn.}$
Hélicoptère en descente	$0 \text{ tr/mn.} < N < 1350 \text{tr/mn.}$