

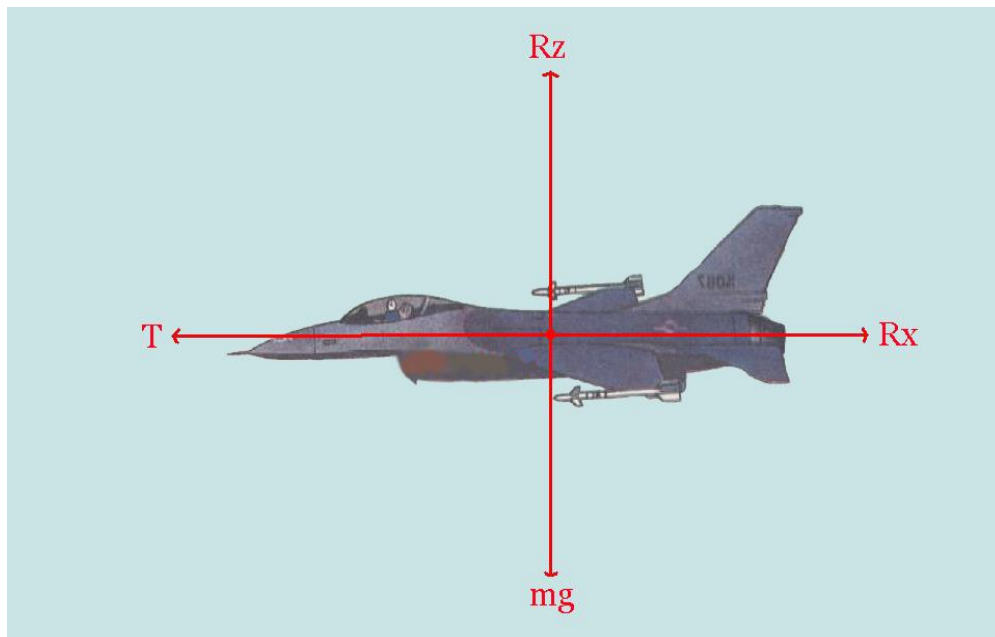


Source, à la fin du document.

Un peu de physique...

La **mécanique du vol** ne doit pas être confondue avec l'**aérodynamique**, en effet, l'aérodynamique est l'étude des forces exercées par l'**air** sur un solide (pas seulement un avion d'ailleurs), tandis que la mécanique du vol est **propre aux avions**, et consiste à étudier **toutes les forces** s'exerçant sur un aéronef, et non pas seulement celles exercées par l'air. On peut d'ores et déjà distinguer les trois origines principales de ces forces : origine **aérodynamique** (voir le chapitre sur l'aérodynamisme), l'origine **inertielle** (due aux accélérations de l'avion) et l'origine **propulsive** (forces dégagées par le(s) moteur(s)). On considèrera pour ce chapitre que les forces sont exercées sur le **centre de gravité** de l'avion, c'est à dire à peu près là où est le pilote. On ne peut guère couper à la physique pour étudier ces forces, tant mieux pour les physiciens nés, tant pis pour ceux qui, comme moi, en sont allergiques, mais vous verrez que ce n'est pas si compliqué que ça :)

Commençons par le cas le plus simple du vol d'un avion : **le vol en palier rectiligne uniforme**. Voici tout d'abord un rappel du schéma des quatre forces s'exerçant sur un avion dans cette configuration, ces forces sont nommées comme le veut le système international :

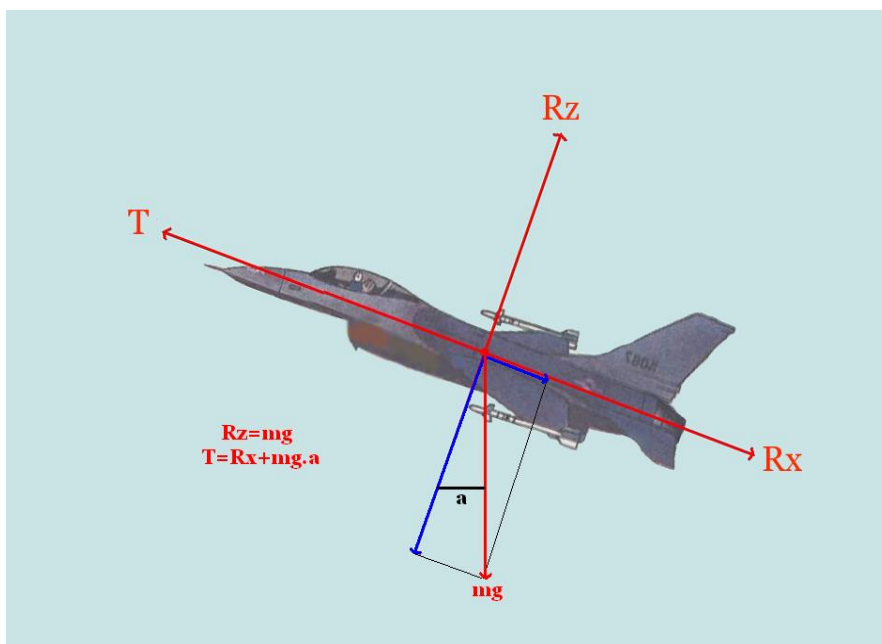


Les forces s'équilibrent ici deux à deux : $Rz = mg$ et $T = Rx$. Or, on sait que $Rz = \frac{1}{2} \cdot p \cdot V^2 \cdot S \cdot Cz$, et que $Rx = \frac{1}{2} \cdot p \cdot V^2 \cdot S \cdot Cx$, on peut alors développer ces deux relations, ce qui nous donne deux équations fondamentales dans l'aéronautique, **l'équation de sustentation** : $mg = \frac{1}{2} \cdot p \cdot V^2 \cdot S \cdot Cz$, et **l'équation de propulsion** : $T = \frac{1}{2} \cdot p \cdot V^2 \cdot S \cdot Cx$. Il est à préciser que le poids se note ainsi car on le calcule en faisant le produit de la masse (m) avec la pesanteur (g). Les unités de mesures dans ces calculs sont : **m** en **kg**, **g** en **m.s⁻²** (sur Terre, g est à peu près égal à **9,81**), **T** en **Newtons**, **p** en **kilogrammes par mètre cube**, **V** en **mètres par seconde**, **S** en **m²**, **Cz** et **Cx** sont **sans unité**. Faisons maintenant

le **rapport** de ses deux équations, on obtient : $mg/T = Cz/Cx$. Or Cz/Cx représente comme nous l'avons vu la **finesse de l'avion** (f). On a donc la relation finale $T = mg/f$.

Le vol en palier rectiligne uniforme est assez simple, voyons maintenant des configurations plus complexes.

Le vol en montée rectiligne uniforme : pour qu'un avion monte, il faut que la portance soit cette fois **supérieure** au poids, logique, mais il faut également que la force de poussée ou de traction exercée par le ou les moteur(s) soit **supérieure** à celle du vol en palier, car lorsque l'avion monte, la traînée se fait plus forte. En montée, comme en descente d'ailleurs, on peut **décomposer** le poids de l'avion en deux forces : l'une **parallèle à la trajectoire de l'avion**, allant vers **l'arrière**, l'autre **perpendiculaire à cette trajectoire**, et allant vers **le bas**. Le poids réel est **la résultante** de ces deux forces. Supposons maintenant que l'avion monte en faisant un angle noté « a » avec l'horizontale. On peut calculer la portance, ainsi que la poussée / traction nécessaire pour faire monter l'avion, en fonction de cet angle de montée. Les calculs sont les suivants : $Rz = mg \cdot \cos a$ et $T = Rx + mg \cdot \sin a$. Un avion monte généralement sur une pente assez faible, on considère donc que $\cos a = 1$, et que $\sin a = \tan a$. On peut donc ramener, dans le cas d'une montée normale, les équations précédentes à celles-ci : $Rz = mg$ et $T = Rx + mg \cdot a$. Ce qui permet d'exprimer a comme ceci : $a = (T - Rx) / mg$. La pente de montée est notée en %, elle est donc égale à $100 \cdot ((T - Rx) / mg)$. Voici un schéma mettant en évidence les forces et résultantes qui s'exercent lors de la montée :

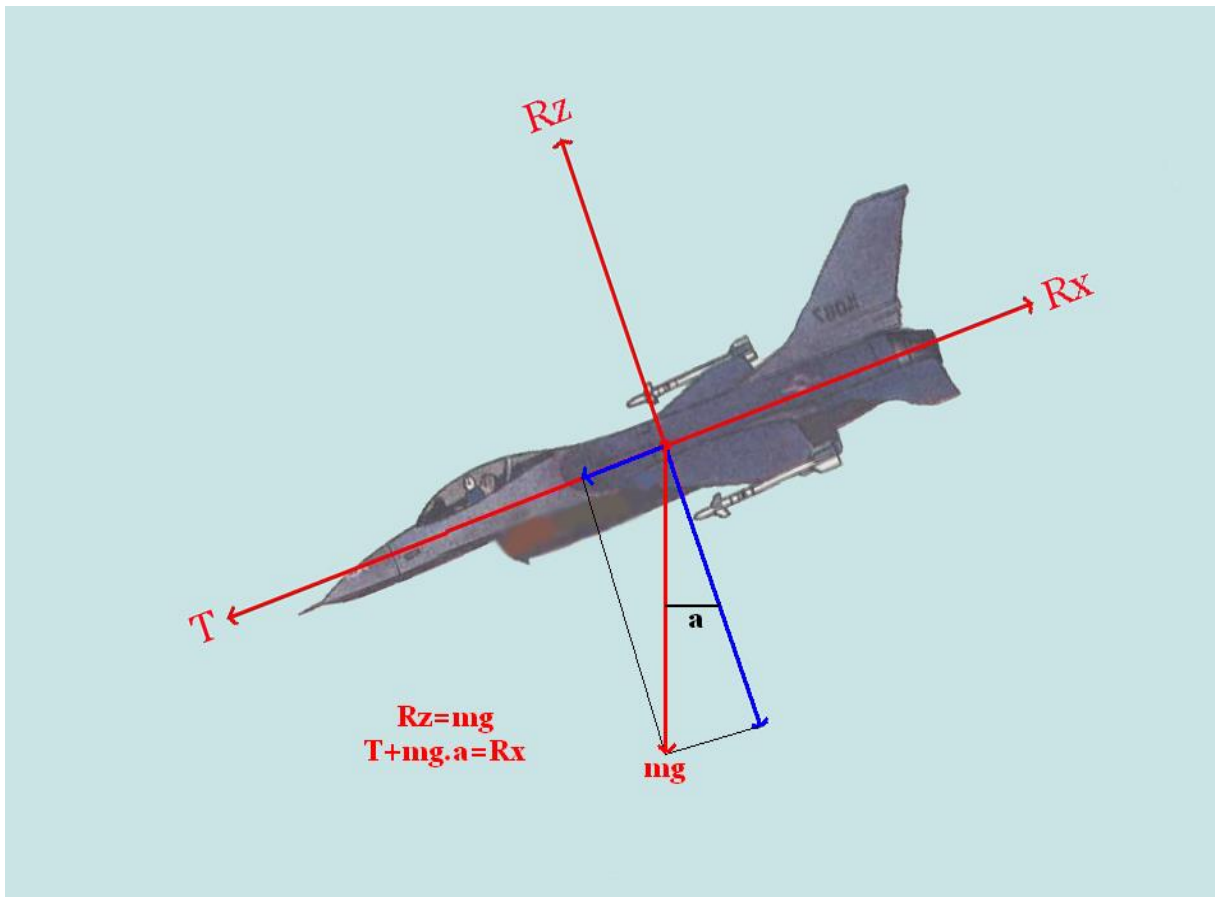


Vitesse-ascensionnelle-avion-grimpe-sur-un-axe-vertical

On peut également calculer la **vitesse ascensionnelle** de l'avion, c'est à dire la vitesse à laquelle il grimpe **sur un axe vertical**, cette vitesse est notée Vz et est exprimée en **mètres par seconde**, elle s'obtient par ce calcul : $Vz = V \cdot ((T - Rx) / mg)$ V étant la vitesse de l'avion en mètres par seconde.

Le vol en descente rectiligne uniforme : la configuration du vol en descente rectiligne uniforme n'est pas bien différente de celle du vol en montée rectiligne uniforme. La portance ne diminue pas, mais la puissance du / des moteur(s) est **réduite**. « a » désigne toujours l'angle que fait l'avion avec son axe horizontal, la vitesse de l'avion est **constante** sur sa

trajectoire. Le changement majeur ici est que la composante du poids qui est parallèle à la trajectoire va dans le **même sens** que la force de traction / propulsion. Les calculs servant à déterminer la portance et la poussée / traction lors d'une descente sont les suivants : $R_z = mg \cdot \cos a$ et $T + mg \cdot \sin a = R_x$. On considère toujours pour les mêmes raisons que dans une montée, que $\cos a = 1$ et que $\sin a = \tan a$. Les équations s'écrivent alors : $R_z = mg$ et $T + mg \cdot a = R_x$, ce qui revient à dire que $a = (R_z - T)/mg$. La pente de descente, notée en % comme pour la montée, est notée $100 \cdot ((R_x - T)/mg)$. Voici comme d'habitude un schéma illustrant le vol en descente rectiligne uniforme :

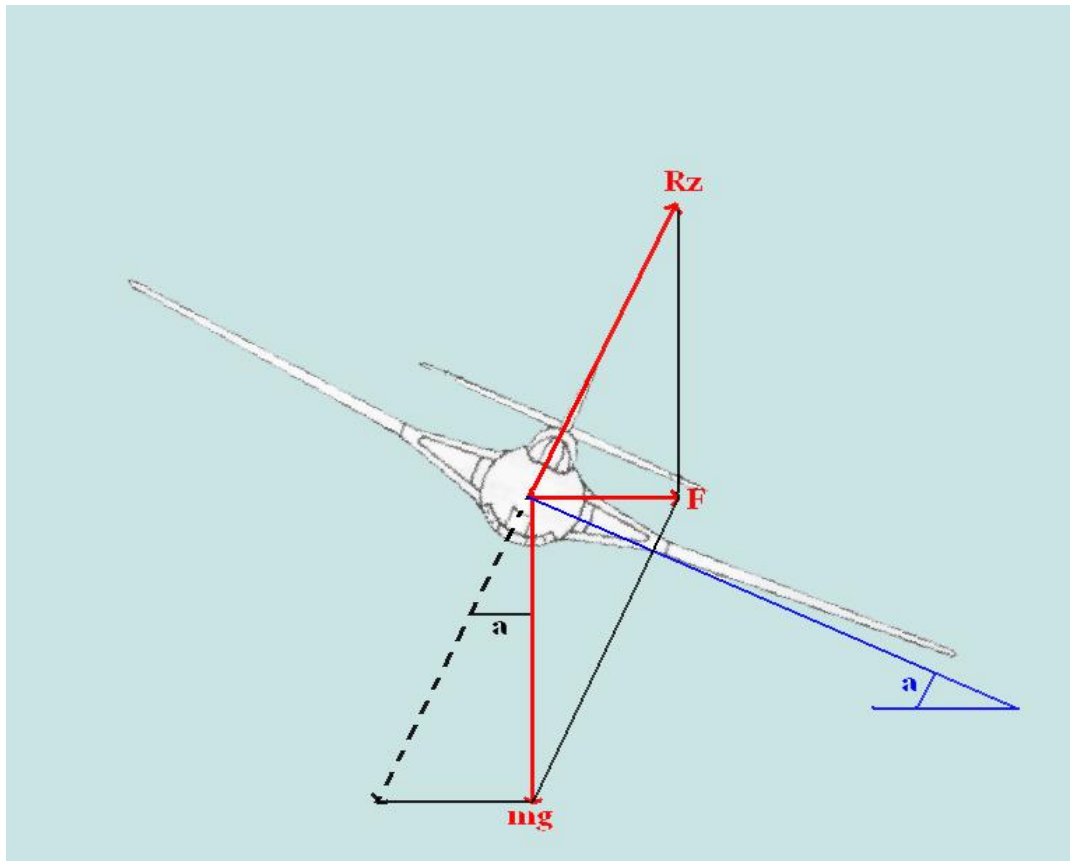


Vitesse-verticale-descente_taux-de-chute-metre-par-seconde

On peut calculer la vitesse **verticale de descente**, autrement appelée **taux de chute**, et notée V_z , comme pour la vitesse ascensionnelle : $V_z = V \cdot ((R_z - T)/mg)$. Le **mètre par seconde** est l'unité de référence.

Le vol en virage symétrique en palier : voici une configuration bien différente du vol en descente, en montée et en palier, le vol en virage met en jeu une force qui lui permet de virer, cette force **influe sur la portance**. On dit que le virage est symétrique lorsque le **vecteur vitesse** de l'avion reste dans l'**axe de vol** de l'avion. Dans notre cas, la vitesse est **constante** et, dois-je le rappeler, **horizontale**. L'équilibre des forces est ici plus complexe, il faut en effet que la portance soit **supérieure au poids** pour que l'équilibre soit fait, en raison de l'**inclinaison** de l'avion (voir partie sur les ailerons), l'augmentation de la portance permet également de conserver la vitesse que l'avion avait avant le virage, seulement, pour cela le pilote tire légèrement le manche vers lui afin d'augmenter l'incidence de l'avion, ce qui a aussi pour effet d'augmenter la traînée, il faut donc compenser en augmentant légèrement la puissance du/des moteur(s). Le vol en virage met en scène un nouveau rapport que l'on nomme **facteur de charge**, il est noté « **n** » dans le système

international : $n = R_z/mg$. Le facteur de charge dépend de l'**inclinaison**, en conséquent, on peut le calculer en fonction de l'angle de virage par ce calcul : $n = 1/\cos a$ (« **a** » étant l'**angle d'inclinaison** en **degré**). Le facteur de charge est plutôt connu, il s'agit en fait des fameux « **G's** » que les pilotes de chasse ou d'acrobatie encaissent lorsqu'ils sont en action. 1 G correspond au **poids du mobile considéré**, si le pilote encaisse 3 G's, il pèse 3 fois son poids. Voici le schéma illustrant le vol en virage symétrique en palier :



Vol-virage-avion-**facteur-charge-angle-inclinaison**-symetrique-derape

Il se peut que le virage ne soit pas symétrique, il est alors symétrique, il est alors **dérapé**. À ce moment-là, les propriétés que nous avons vues **ne s'appliquent pas**.

Voilà, c'est l'essentiel pour la mécanique du vol. La seconde partie n'était pas passionnante je vous l'accorde, c'est principalement des calculs bêtes et méchants (et pourtant pas si bêtes que ça !), mais on ne peut couper en aéronautique aux calculs de bases comme ceux-ci. Je reconnais qu'il n'y a pas grand-chose à expliquer, néanmoins j'aurais essayé de vous les présenter dans un cadre un peu plus agréable qu'un livre noir et blanc, j'espère y être parvenu. Mais bon, après tout il ne faut rien exagérer, ce n'était pas la mer à boire ;)

Source : <http://pierre.garde.free.fr/page%20d%27accueil%20seule.htm> (non mit à jour)

<http://www.lomag-man.org/> - Webmestre@lomag-man.org (c)Webmestre-lomagman.org 23.03.2019

