



## Pourquoi mon parapente vole ?

La chose dont nous pouvons être certains c'est que notre parapente vole. Reste à savoir comment il y parvient. Quels sont les différents paramètres qui permettent le vol d'un profil d'aile ?

Les réponses que nous trouvons à cette question est bien souvent incomplète, c'est ce que nous allons essayer de développer.

Commençons par rappeler les notions de vitesses relatives : Si je cours à 20km/h et je tape dans un poteau ou si ce poteau est projeté à 20 km/h dans ma direction lorsque je suis à l'arrêt, la vitesse relative entre le poteau et moi-même sera exactement la même et le résultat risque d'être tout aussi douloureux. Dans ce cas, peu importe qui s'est déplacé pour aller vers l'autre puisque la vitesse relative entre les deux corps est la même.

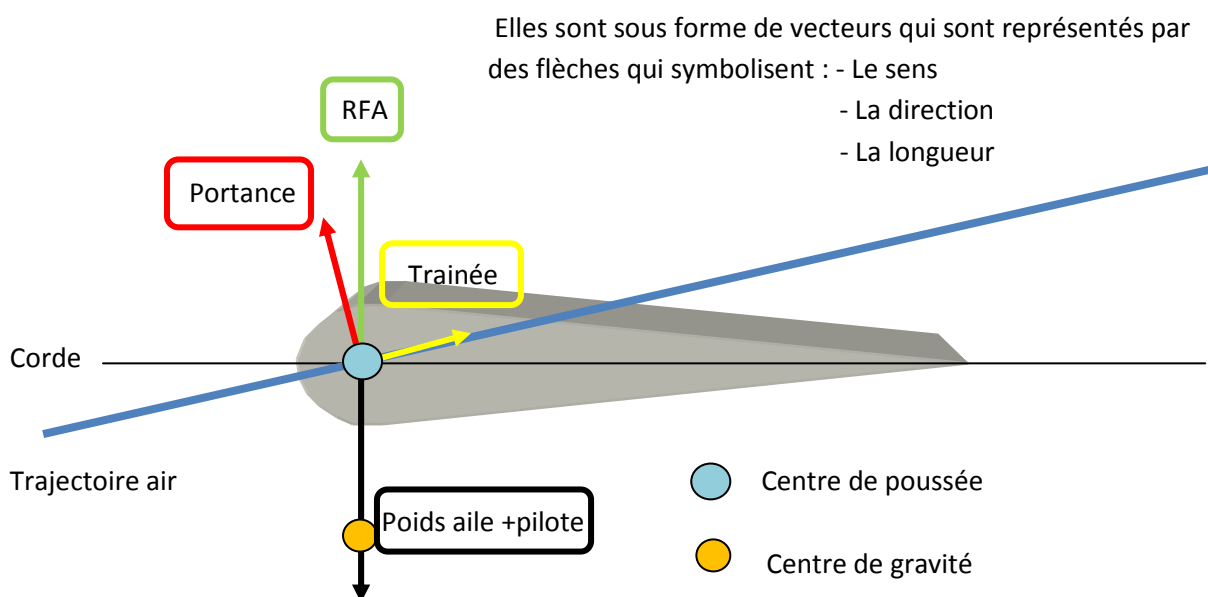
En aviation, ce qui nous intéresse, c'est la vitesse de l'appareil relativement à celle de l'air. On parle d'ailleurs de vitesse-air.



L'écoulement de l'air autour du profil d'aile est le combustible de toutes les forces aérodynamiques. Par conséquent, il ne peut pas y avoir de vol sans vent relatif.

Cette notion de vitesse air restera omniprésente dans ce que nous allons tenter de comprendre par la suite.

Les différentes forces en jeu : Une force est une grandeur physique, définie comme : « **la cause de la déformation d'un corps ou de la modification de son état de repos ou de mouvement** ».

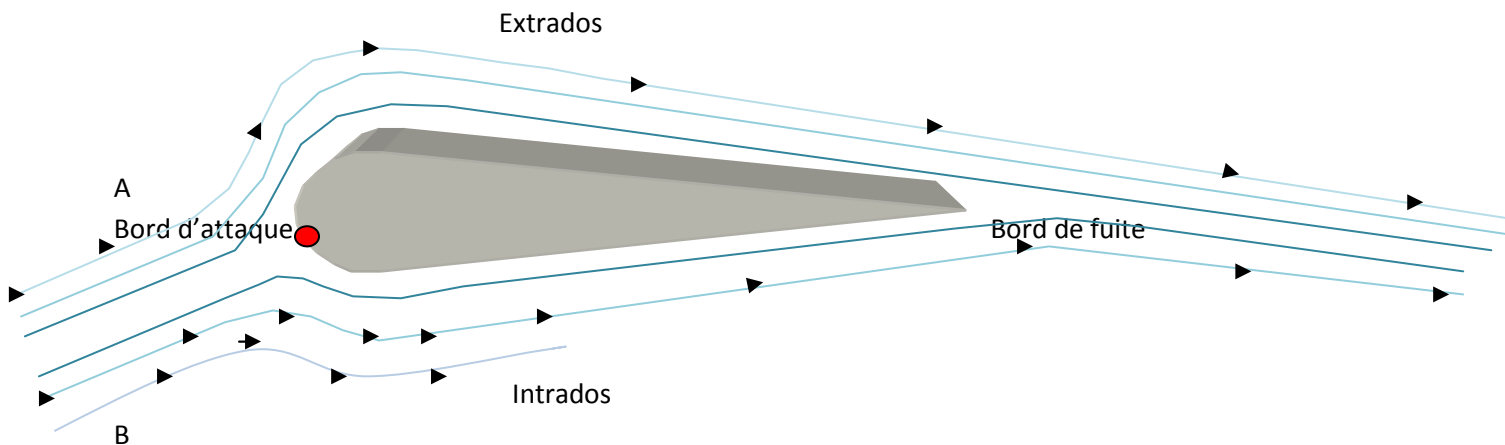


## La portance

La plupart des manuels ou fascicules qui parlent de la portance se basent sur le principe de Bernoulli pour expliquer celle-ci.

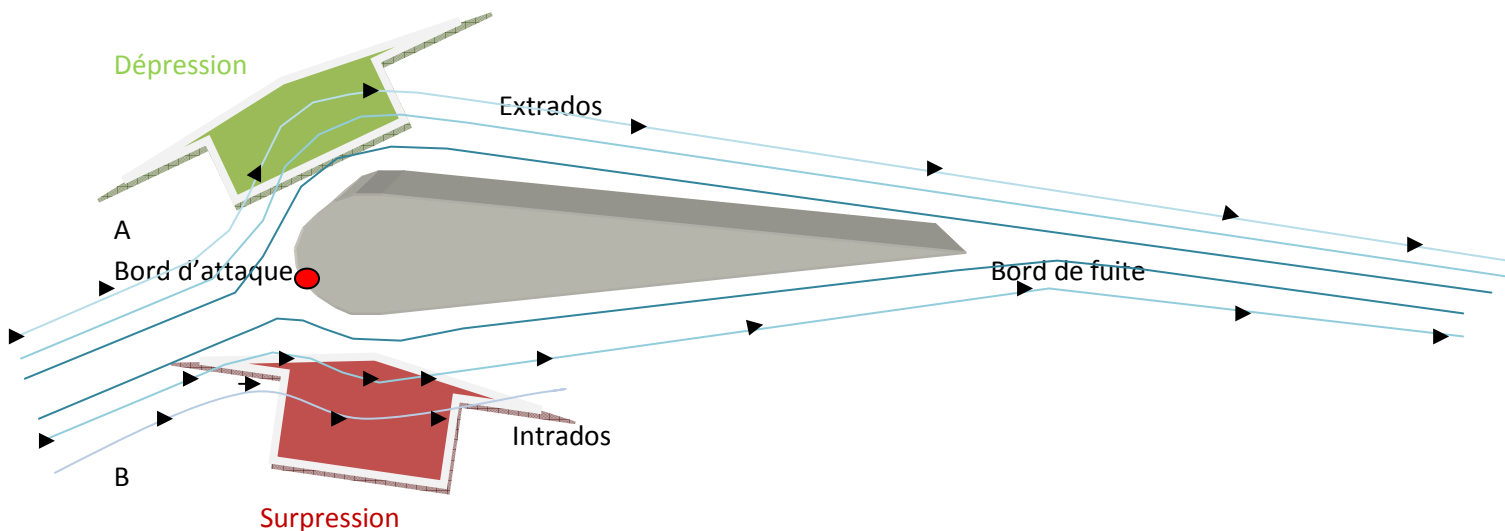
Que dit Bernoulli ? Que tout fluide accéléré subit une dépression.

Si deux particules d'air (a) et (b) qui frappent le bord d'attaque de l'aile en même temps et qu'au niveau du point d'arrêt ● l'une doit prendre le chemin de l'extrados et l'autre celui de l'intrados, le chemin à parcourir va être plus important pour (a) que pour (b) si celles-ci doivent se rejoindre en même temps au bord de fuite.



Comme nous le suggère le principe de Bernoulli : Tout fluide accéléré subit une dépression.

Donc l'air circulant sur l'extrados crée une dépression tandis que le flux circulant sous l'intrados subit une surpression.



La portance serait donc due uniquement à une dépression autour de l'extrados combinée à une surpression sous l'intrados.

Malheureusement, le théorème de Bernoulli ne suffit plus à expliquer à lui seul la portance dès que l'on applique la pratique à la théorie en se posant quelques questions :

- Comment les avions peuvent-ils voler à l'envers ?

- Comment les avions de voltiges peuvent ils voler avec leur profil d'aile symétrique (même parcours entre extrados et intrados)

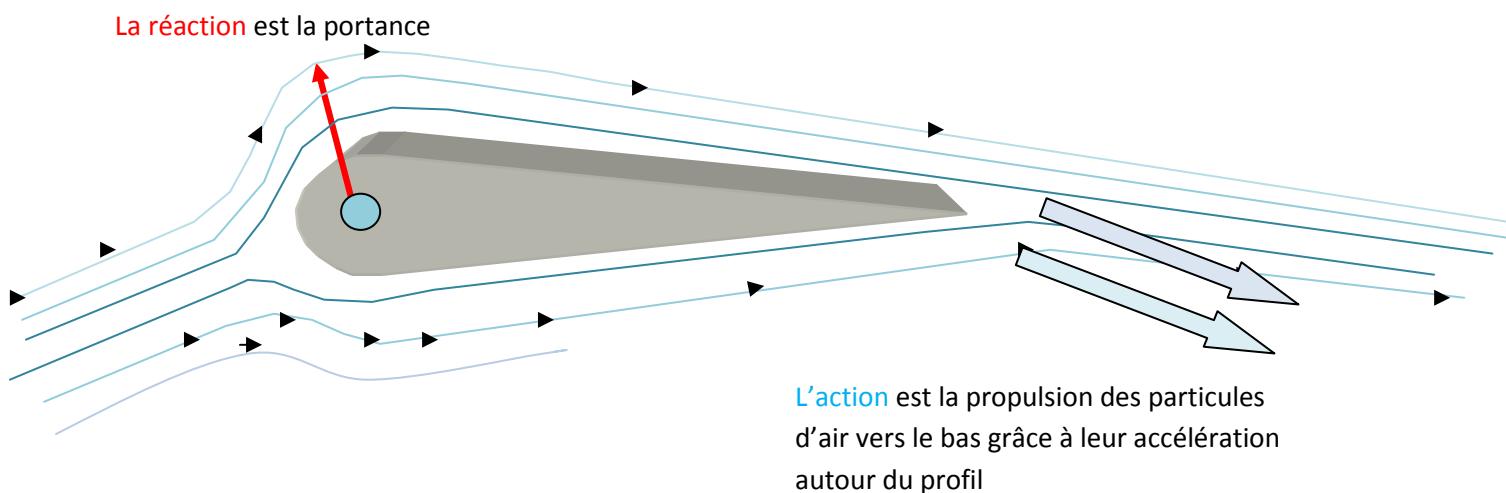
Et qui a dit qu'il fallait que les deux flux d'air doivent absolument se rejoindre en même temps au bord de fuite ?

Aucune loi physique n'a jamais prouvé cela et des essais en soufflerie nous prouvent que ce n'est pas le cas puisque leurs conclusions sont les suivantes : l'air de l'extrados arrive avant celui de l'intrados au bord de fuite du profil.

La seule explication de dépression d'extrados n'est donc pas suffisante face à ces quelques questions Elle n'est pourtant pas fautive, puisque c'est bien l'accélération des filets d'air qui est avant tout responsable de la portance.

C'est la loi de Newton qui complètera les manques de Bernoulli.

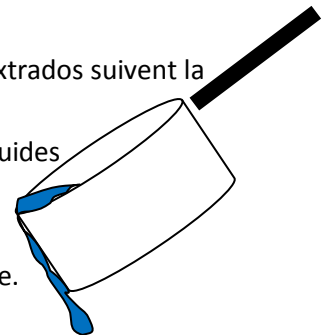
- La première loi de Newton stipule qu'un corps au repos reste au repos, et qu'un corps en mouvement reste en mouvement à moins qu'il ne soit soumis à l'application d'une force extérieure. Cela signifie que si l'on observe une déviation dans le flux de l'air, ou que si l'air à l'origine au repos est accéléré en mouvement, une force y a donc été imprimée.
- La troisième loi de Newton stipule que pour chaque action il existe une réaction opposée de force égale. Par exemple, un objet qui repose sur une table exerce une force sur cette table (son poids) et la table applique une force égale et opposée sur l'objet qu'elle soutient. De façon à générer de la portance, l'aile doit faire quelque chose à l'air. Ce que fait l'aile sur l'air est l'action tandis que la portance est la réaction.



La question que l'on est en droit de se poser est : pourquoi les filets d'air de l'extrados suivent la courbure de celui-ci sans continuer leur course de façon rectiligne ?

La réponse réside dans la propriété de viscosité de l'air, comme pour tous les fluides l'air est visqueux et a donc tendance à coller à la matière.

Comme les filets d'eau restent collés à la casserole lorsque celle-ci verse mal, les filets d'air collent au profil et continuent à suivre la direction qu'il leur donne.



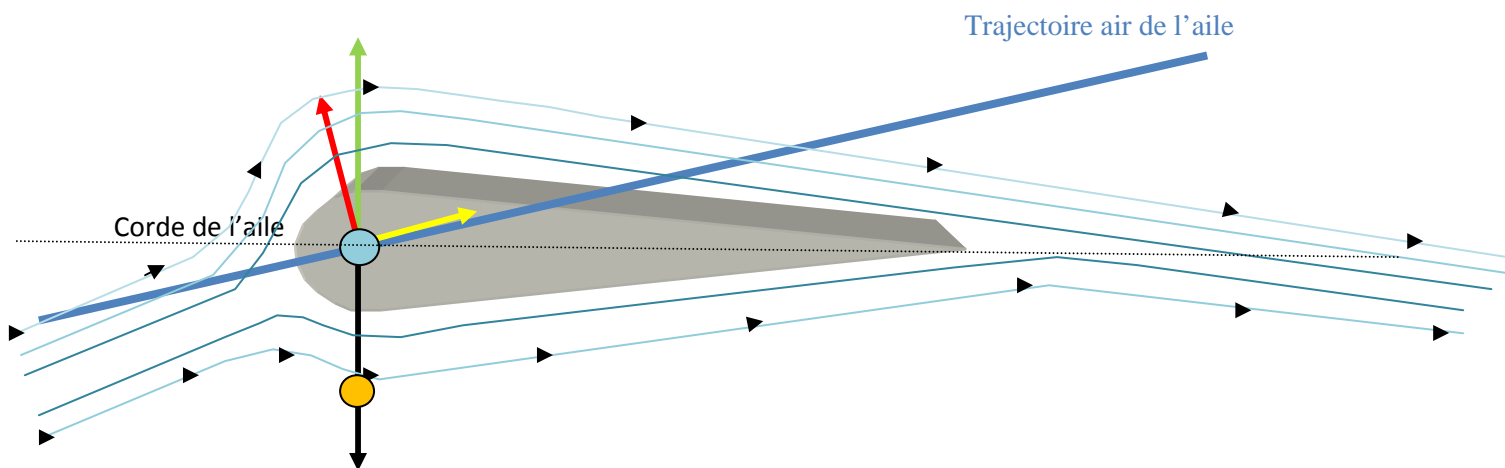
La portance est donc due à la dépression autour de l'extrados combinée à la déviation des filets d'air accélérés vers le bas. Et c'est bel et bien grâce à ce dernier que le vol à l'envers des avions de voltige est possible.

## Le poids

Comme nous venons de le voir, la portance a besoin d'un vent relatif et donc de vitesse air pour exercer sa force sur le profil.

Lorsqu'un avion quitte le sol, c'est la traction de l'hélice qui génère la vitesse air de l'aile et lui permet d'avoir suffisamment de vent relatif pour que la portance soit assez forte.

En parapente, c'est la gravité qui nous permet de voler ou plutôt de planer comme le fait l'avion si l'on arrête le moteur.



Le poids total du parapente et du pilote est donc le moteur qui permet à l'aile d'obtenir sa vitesse sur trajectoire.

Une variation de poids sous une aile donnée aura une influence sur la traînée ainsi que sur la portance de l'aile. Un pilote trop léger aura un taux de chute favorable mais une vitesse trop lente alors qu'un pilote trop lourd aura une vitesse élevée mais un taux de chute beaucoup trop élevé. Dans les deux cas les caractéristiques aérodynamiques de l'aile seront modifiées et ne correspondent plus aux données du constructeur.

## La traînée

Elle est directement opposée à la trajectoire de l'aile et perpendiculaire à la portance. La traînée est la réaction au déplacement de l'aile sur sa trajectoire qui elle est l'action. C'est la force qui s'oppose au déplacement d'un corps dans un fluide.

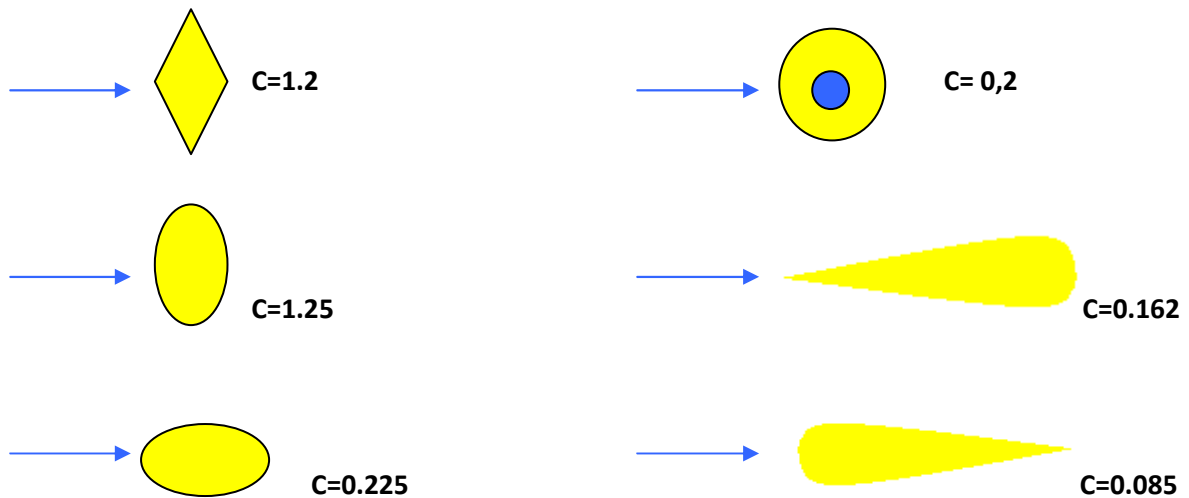
Cette traînée, nous la connaissons bien, c'est elle que nous subissons lorsque nous faisons du vélo face au vent ou encore lorsque l'on sort la main de la voiture et qu'il devient difficile de résister.

Elle est proportionnelle au carré de la vitesse air d'un corps. Donc plus on va vite, plus elle est forte. Voilà pourquoi les pilotes de haut niveau cherchent à en créer le moins possible.

La forme d'un profil influence directement l'écoulement du fluide autour de celui-ci :

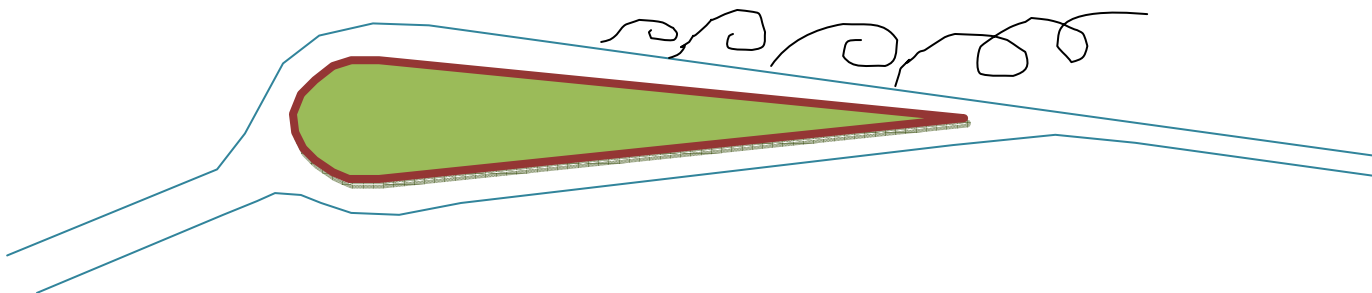


### INFLUENCE DE LA FORME



**C = Coefficient de traînée**       = sens du vent relatif

Il est flagrant sur le schéma ci-dessus que le profil en forme de goutte d'eau est celui ayant le coefficient de traînée le plus faible. Le profil ayant le coefficient de traînée le plus faible étant celui qui favorisera le plus les recollements de flux d'air en bout de profil.



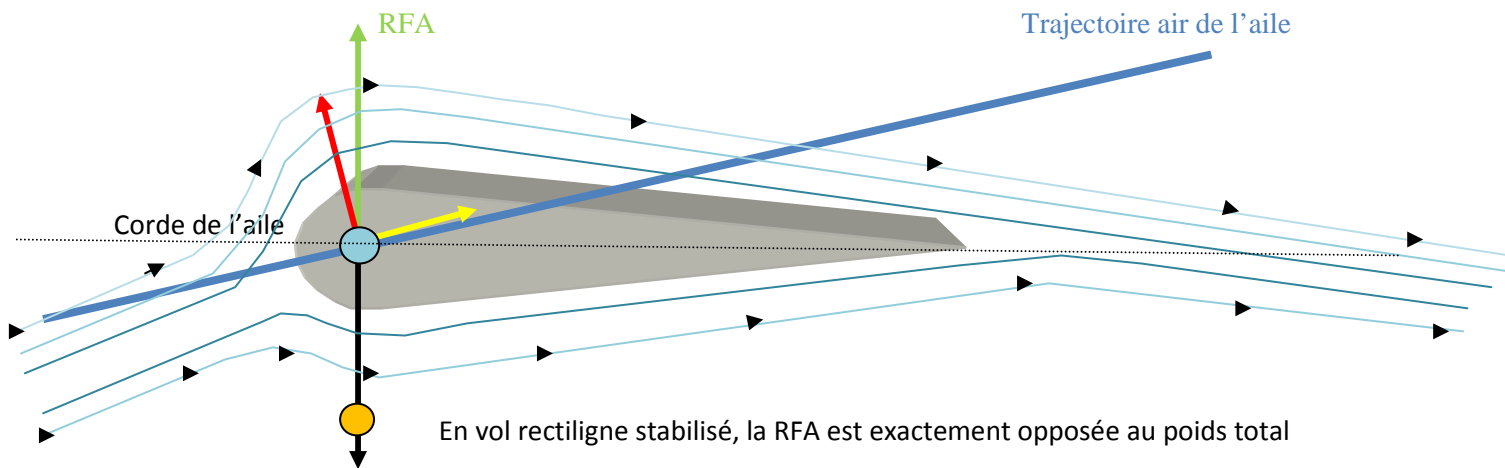
Sur un profil d'aile la traînée est dirigée vers la partie arrière de l'extrados.

#### ➤ LES DIFFERENTES TRAINÉES

- ✓ **La traînée de frottement** : liée à la viscosité de l'air
- ✓ **La traînée de forme** : liée à la forme de l'objet, du profil
- ✓ **La traînée induite** : générée par l'écoulement de l'air autour du profil, vortex
- ✓ **La traînée pilote** : générée par la forme du pilote
- ✓ **La traînée de suspentes** : générée par l'écoulement de l'air autour de chaque suspente

### La RFA

C'est la Résultante des Forces Aérodynamiques. Elle est directement opposée au poids total volant et correspond à la force s'opposant à la pesanteur. La traînée et la portance sont liées par une composante qui est la RFA. Celle-ci rend ces deux forces interdépendantes. L'une ne peut pas varier sans l'autre.



Toutes ces forces sont dépendantes les unes des autres. L'objectif pour accroître ses performances, étant d'optimiser celles qui ont un effet « positif » (portance et vitesse) et de limiter celles qui ont un effet « négatif » (Trainée).

La vitesse air est la première des composantes entrant dans le phénomène qui nous intéresse puisque pour voler, nous avons vu qu'un aéronef a besoin d'un vent relatif nécessaire à la RFA. Pour arriver à un même résultat l'avion mettra les gaz en bout de piste alors que le parapentiste produira une course d'élan sur une pente.