

# L'effet de sol

1<sup>ere</sup> S

Adrien

Clément

# Problématique

Notre problématique se décompose en 2 temps :

- ✓ Nous allons dans un premiers temps essayer de comprendre et étudier comment fonctionne l'effet de sol
- ✓ Nous allons ensuite dans un deuxième temps calculer quelles sont les économies de carburant réalisables grâce à l'exploitation de l'effet de sol

# 1. L'effet de sol

1. Description du phénomène
2. Son exploitation au cours du temps
3. L'expérience
4. Exploitation des résultats

# 2. Les économies de carburant

1. Les calculs
2. Application

# 3. Conclusions

1. Conclusion
2. Remerciements

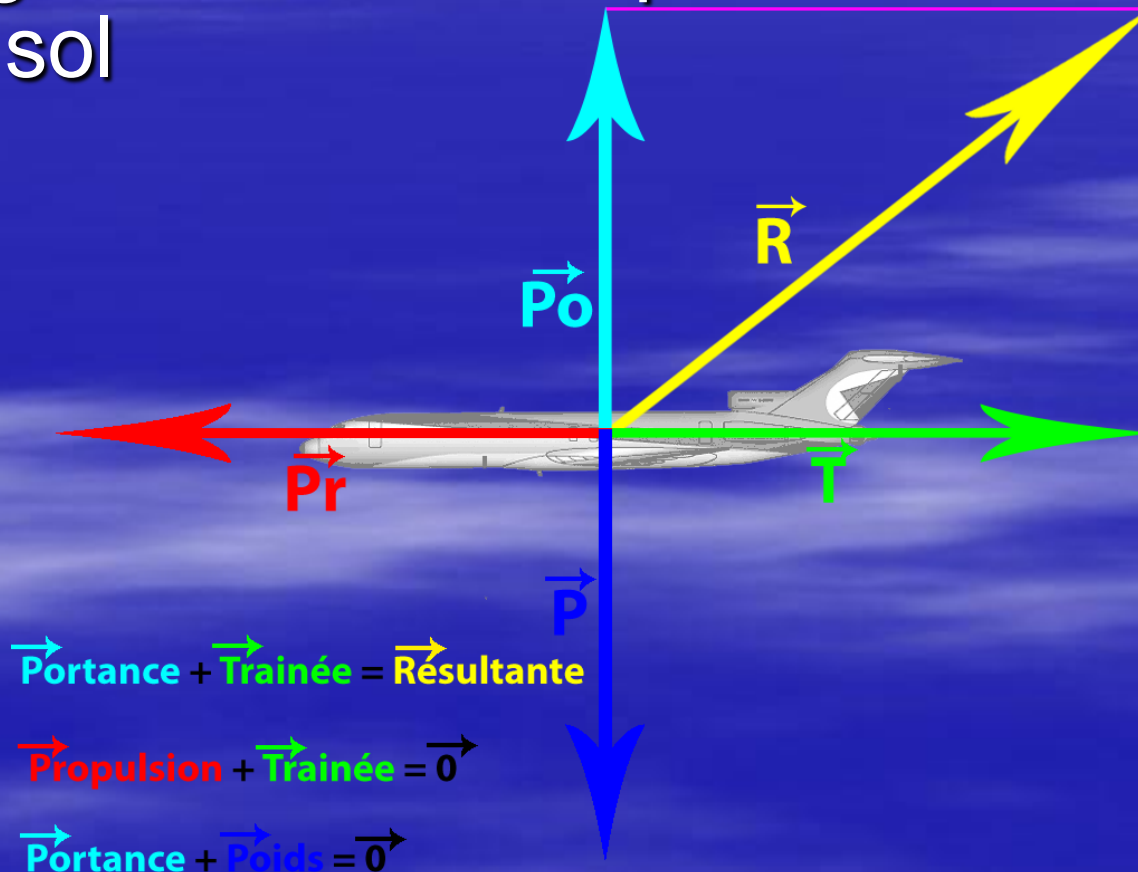
# L'effet de sol

## Partie 1

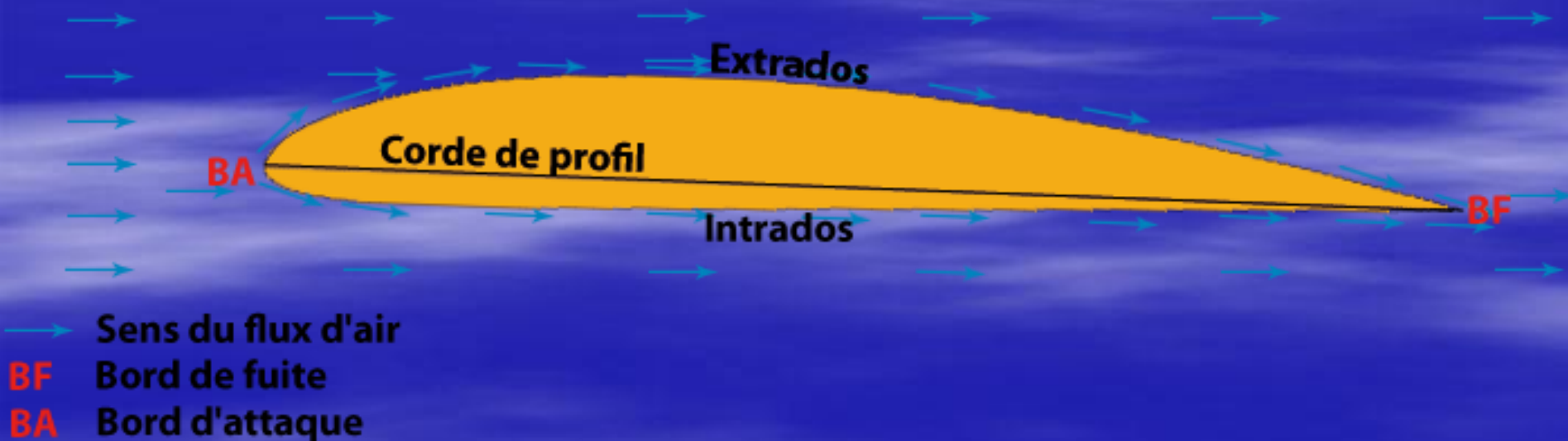


# Explication de l'effet de sol

- Phénomène qui se caractérise par une augmentation de la portance à l'approche du sol

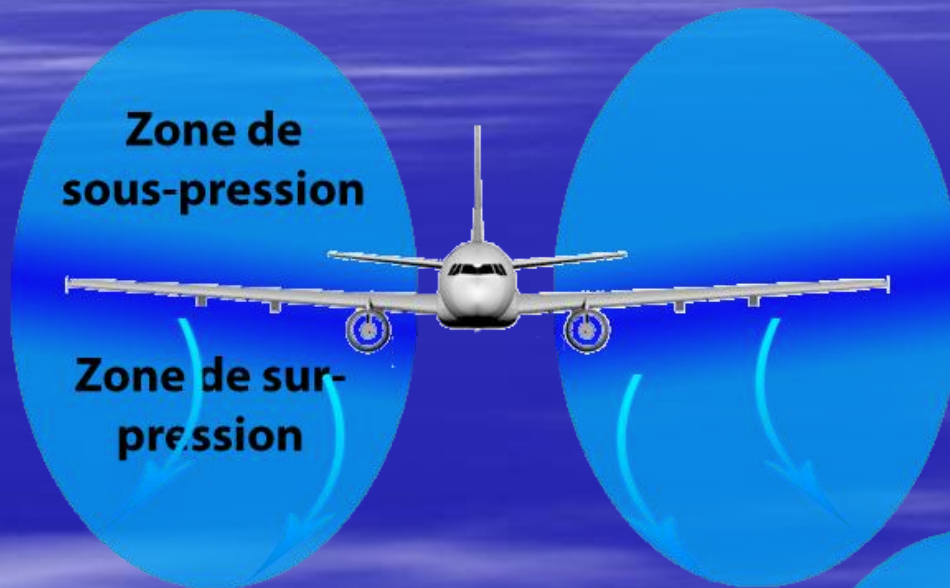


- Apparaît quand le sol se situe à une distance inférieure à la moitié de la corde de profil d'une aile



# L'effet de sol : une surpression

Avion sans effet de sol



Avion avec effet de sol





# L'effet de sol dans la nature !!!

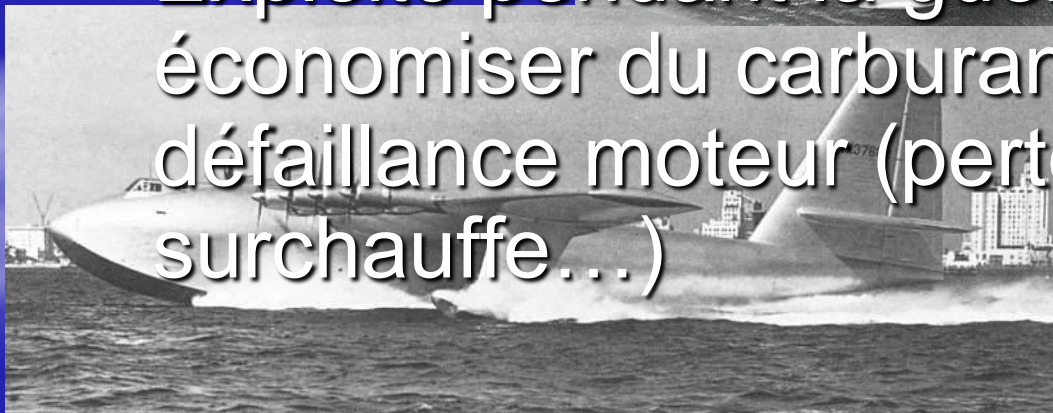
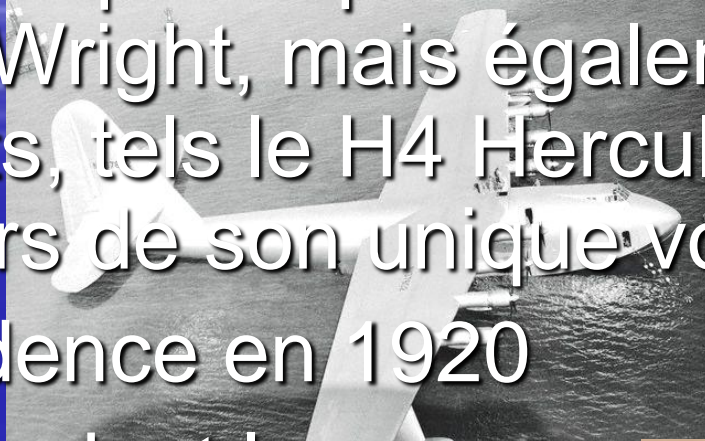
Il peut être amusant de noter que certains canards marins, tels la *Macreuse noire* profitent de l'effet de sol pour voler au ras de l'eau, économisant ainsi de l'énergie





# L 'effet de sol et son histoire

- On suppose qu 'il a permis le premier vol des frères Wright, mais également d'avions plus récents, tels le H4 Hercules d'Howard Hughes, lors de son unique vol en 1947
- Mis en évidence en 1920
- Exploité pendant la guerre pour économiser du carburant ou en cas de défaillance moteur (perte de puissance, surchauffe...)



# Les ekranoplanes

Exploité en premier lieu par les Russes, avec les « *Ekranoplanes* », dont le plus célèbre représentant est le « *Monstre de la caspienne* » construit en 1966



Fiche technique :

Longueur : 100 m

Envergure : 30 m

Masse a pleine charge : 550 tonnes

Vitesse maximale : 400 km/h

Altitude maximale : 3 mètres





A la chute de l'empire soviétique, les études sur l'effet de sol furent abandonnées et on n'en entendis plus parler.

Aujourd'hui, l'effet de sol fait à nouveau parler de lui car, comme nous allons le voir par la suite, l'exploitation du phénomène d'effet de sol permet d'économiser de l'énergie



# Les nouveaux « Ekranoplanes »

Le principal projet d'avion à effet de sol est le projet Pélican, lancé en 2003 par Boeing

Fiche technique :

Longueur : 120 m

Envergure : 150 m

Masse a pleine charge : 1400 tonnes

Vitesse maximale : 600 km/h

Altitude maximale : de 5 a 20 m au dessus de la mer pour profiter de l'effet de sol, jusqu'à 6000 m sans effet de sol

Rayon d'action : 16 000 km



# Les ekranoplanes « personnels »

Aujourd'hui, quelques entreprises conçoivent des avions à effet de sol de petite taille et à usage personnels



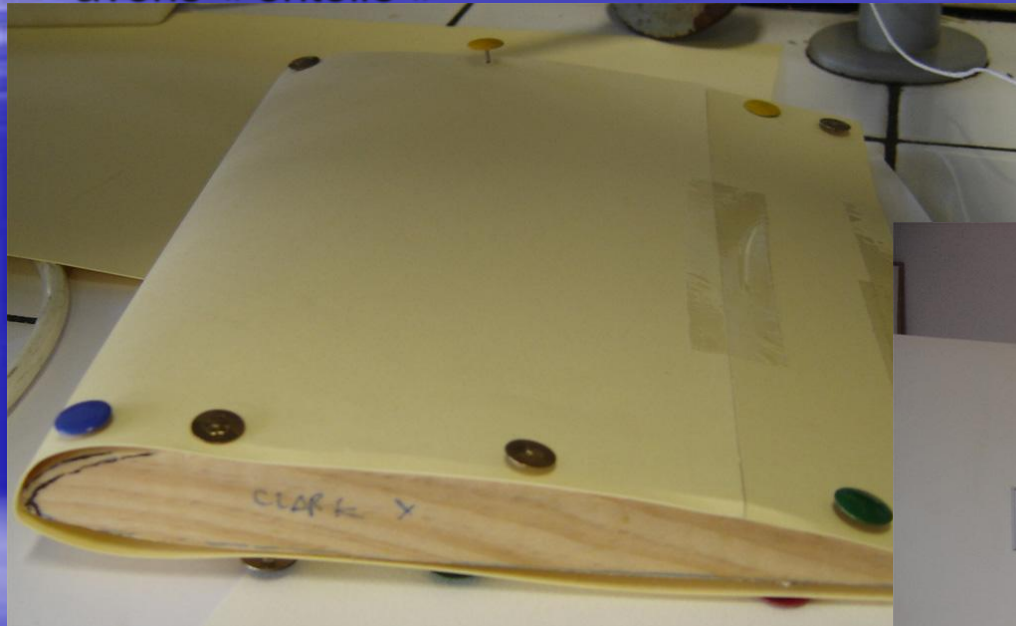
# L'expérience

- Le but est de tester plusieurs profils
  - CLARK Y
  - EPPLER 168
  - NACA 2415
  - SELIG 4083
- Chaque profil est testé hors et avec effet de sol à différentes vitesses



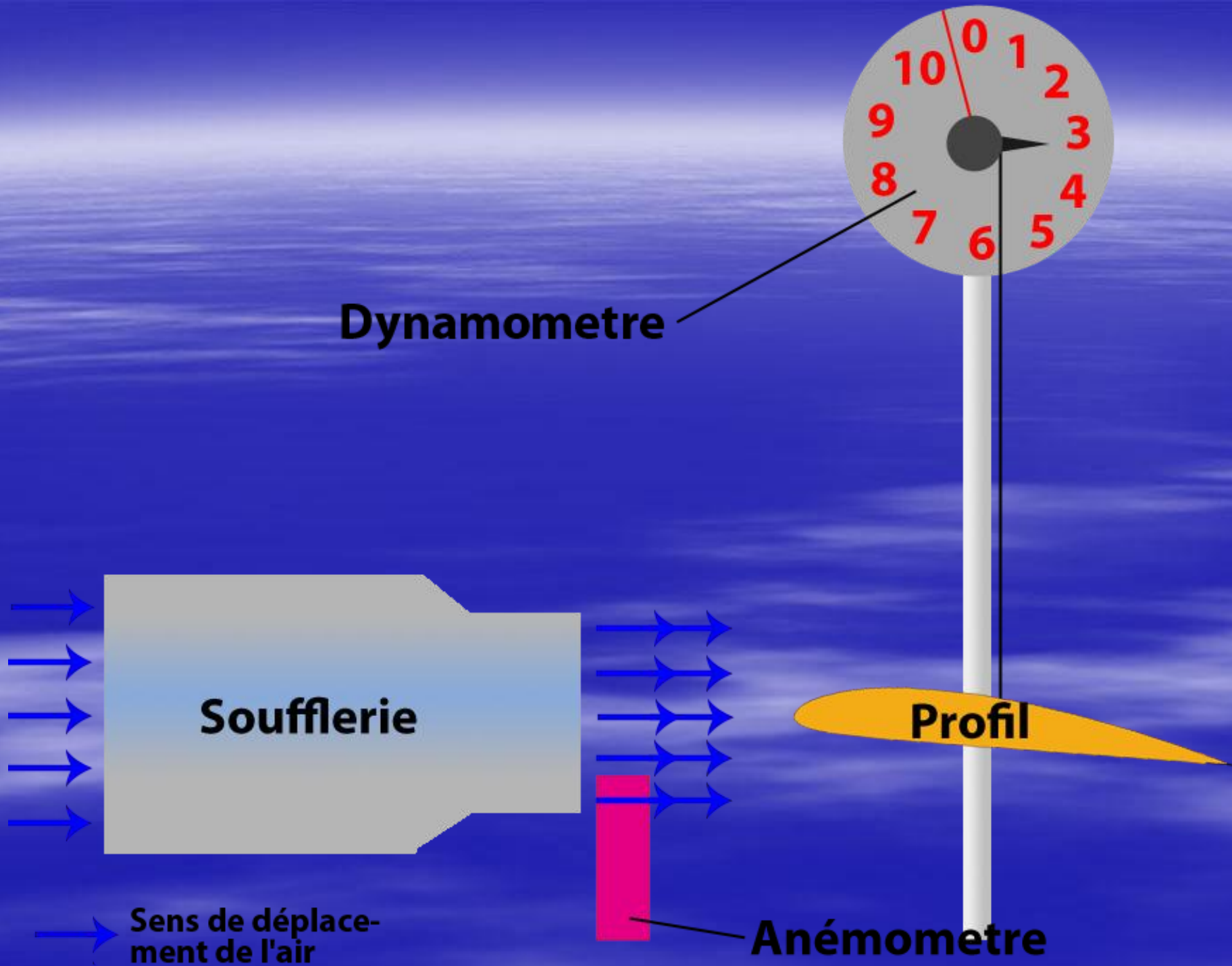
# Le dispositif expérimental

Chaque aile est constitué de deux profils en bois que nous avons « entoilé »



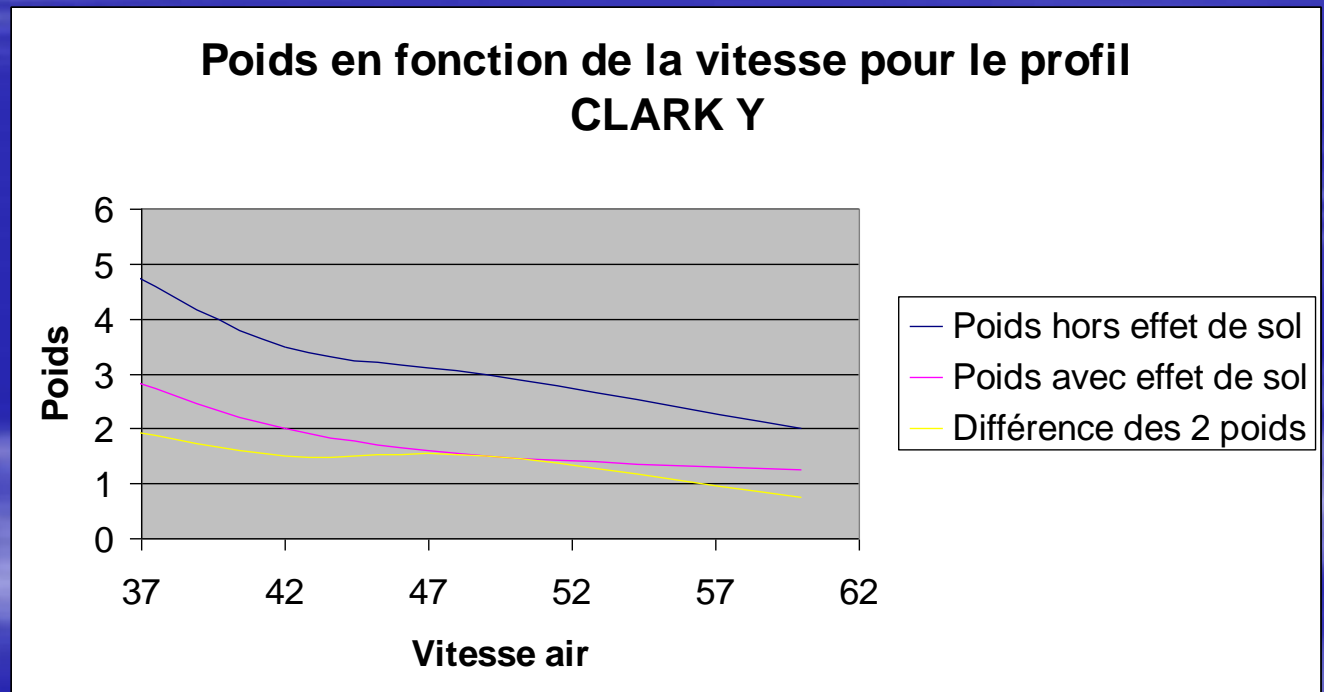
Chaque profil était ensuite suspendu à un dynamomètre et placé devant la veine de la soufflerie





# Exploitation des résultats

Selon nos tests, c'est le profil CLARK Y qui s'est montré meilleur candidat pour générer de l'effet de sol.



Grâce à ce profil, nous avons pu diviser la vitesse-air par 1,5 x pour obtenir la même portance hors effet de sol qu'avec effet de sol



# Les économies de carburant

## Partie 2

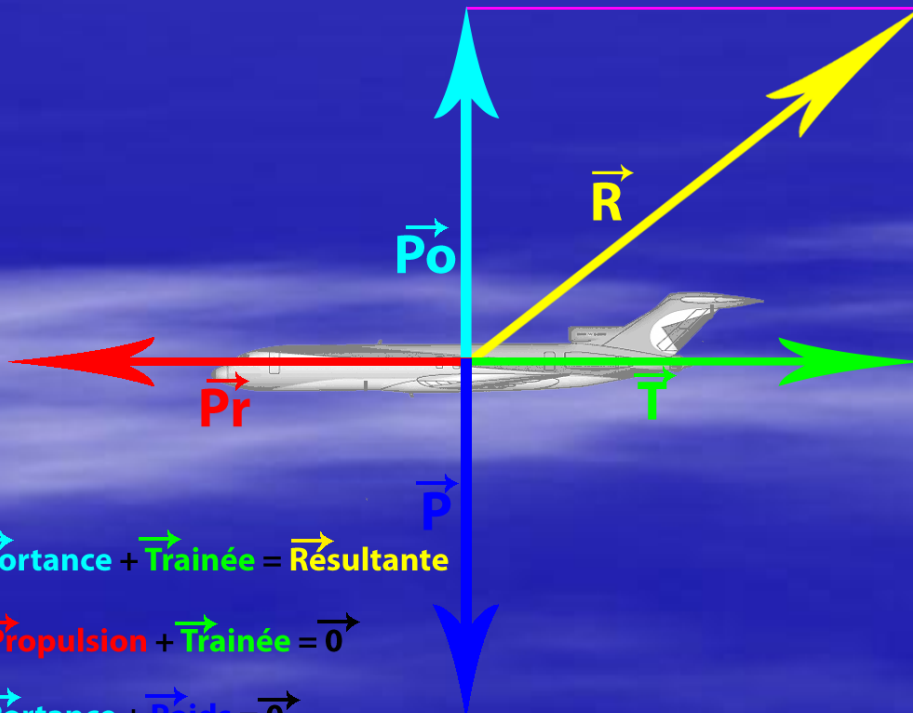
# Les économies de carburant

Dans cette partie, nous allons essayer de savoir quelles sont les économies de carburant réalisables grâce à l'effet de sol



# Pourquoi l'effet de sol économise le carburant

Grâce à l'effet de sol, on augmente la portance, ce qui réduit la vitesse nécessaire au décollage.

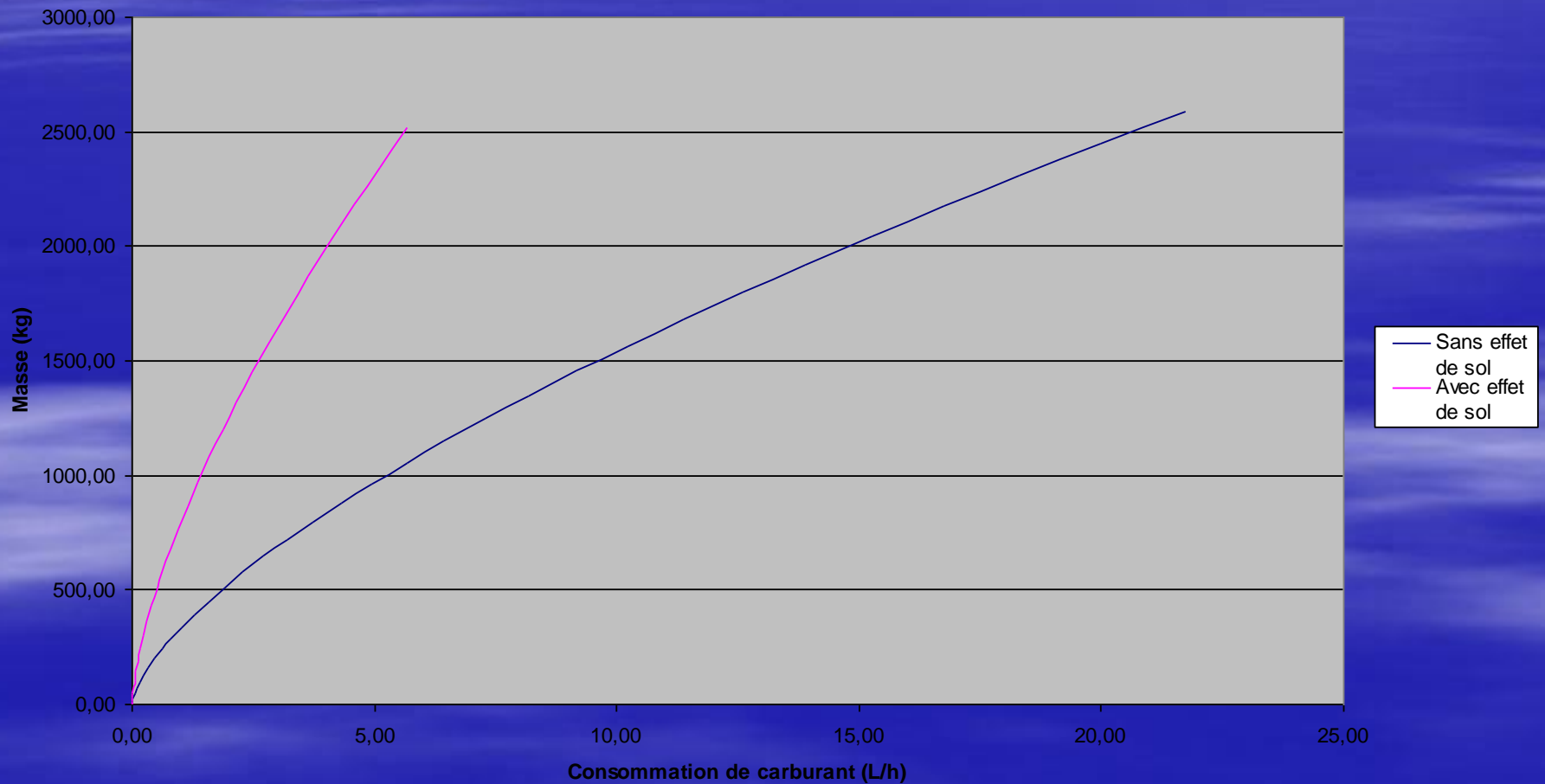


Or, consommation et vitesse sont liés par l'équation de résistance à l'avancement :

$$\frac{1}{2} \rho S V^3 C_x$$



## Masse à décoller en fonction de la consommation



# D 'autres éléments permettent de réduire encore la consommation

- Une réduction de la traînée induite
  - Provoquée par la différence de pression entre intrados et extrados
  - Responsable de 50% de la traînée totale



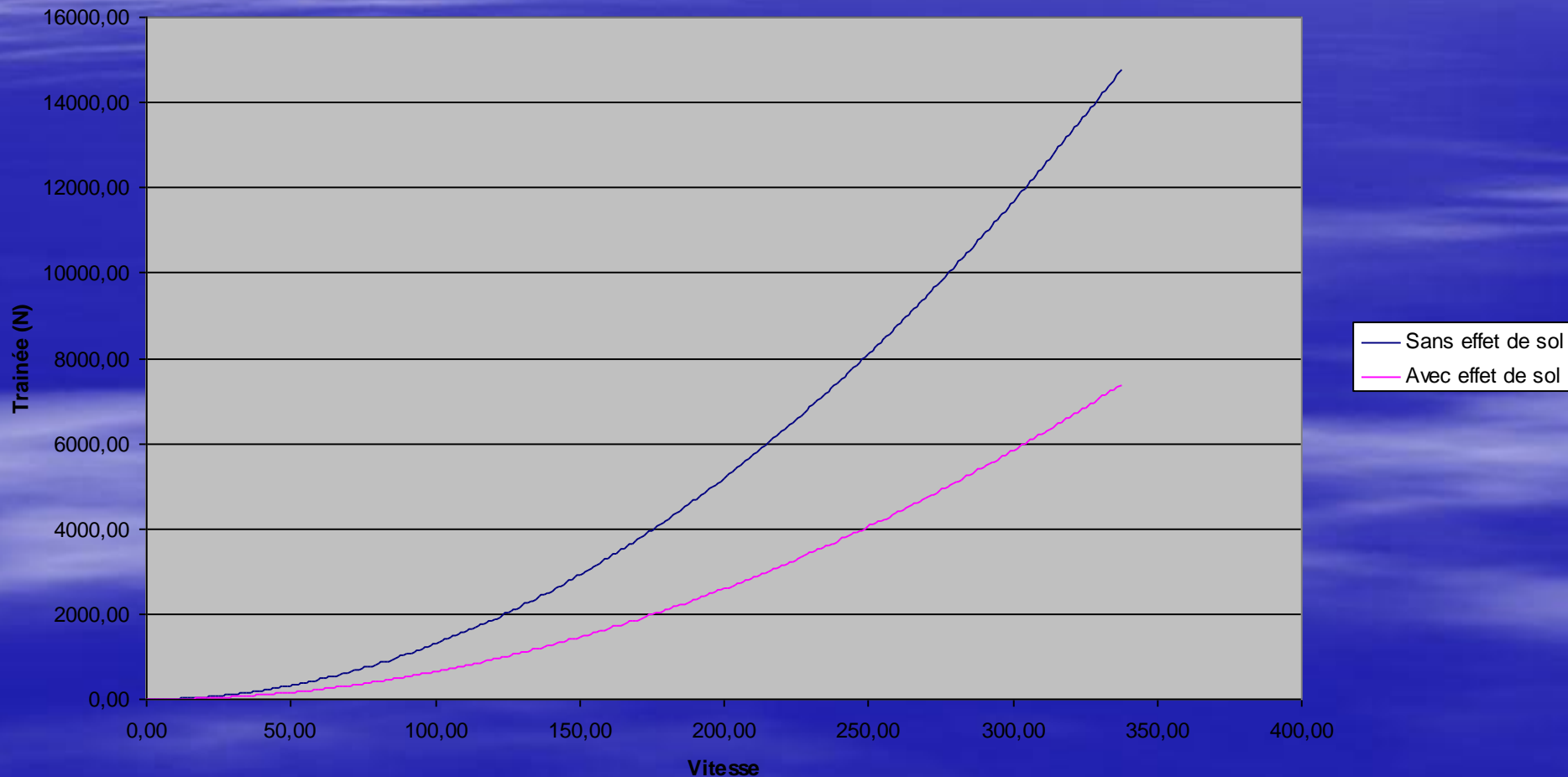
# Une illustration des « Vortex »





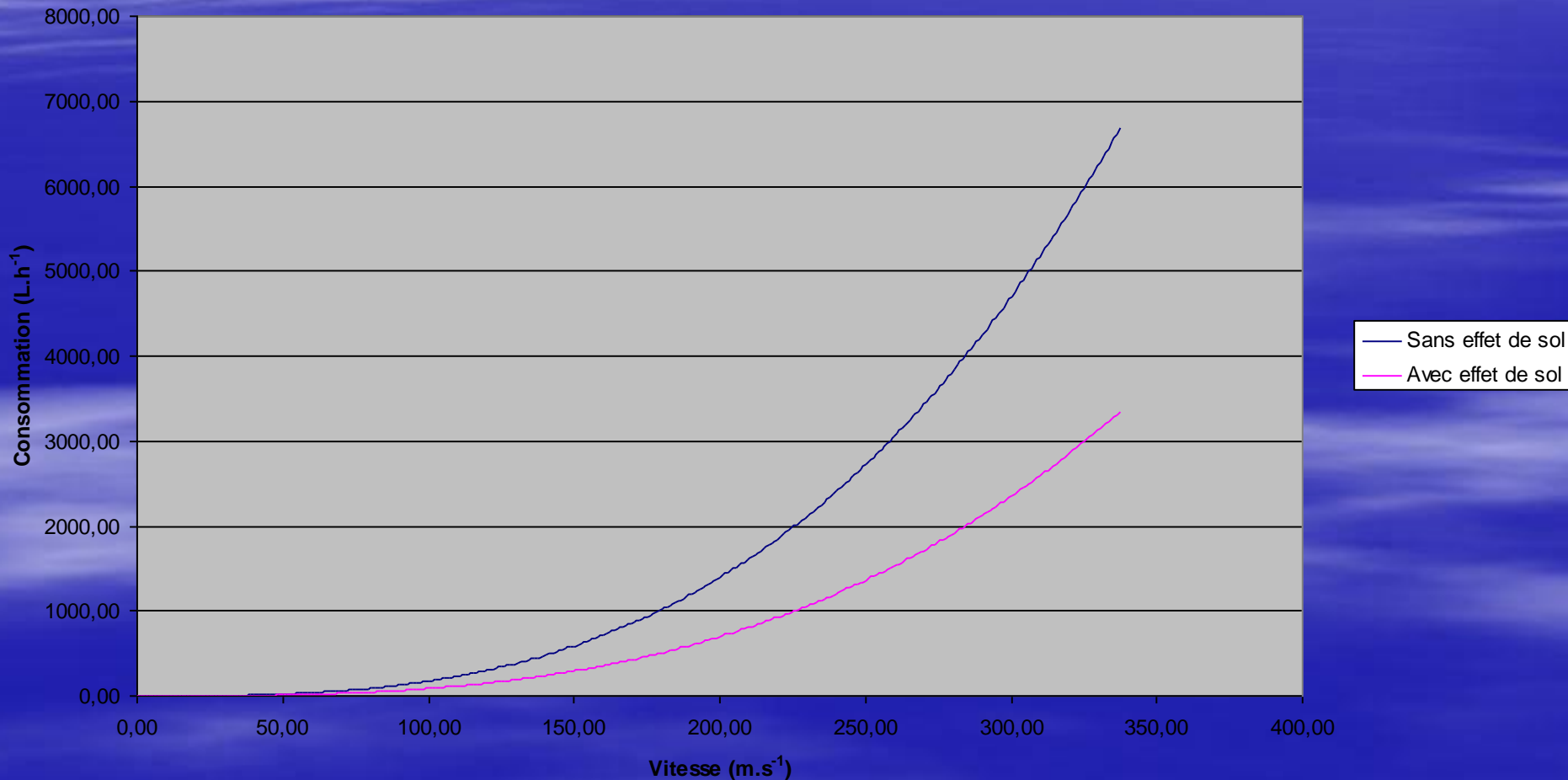
# Les économies avec l'absence de traînée induite

**Trainée en fonction de la vitesse**



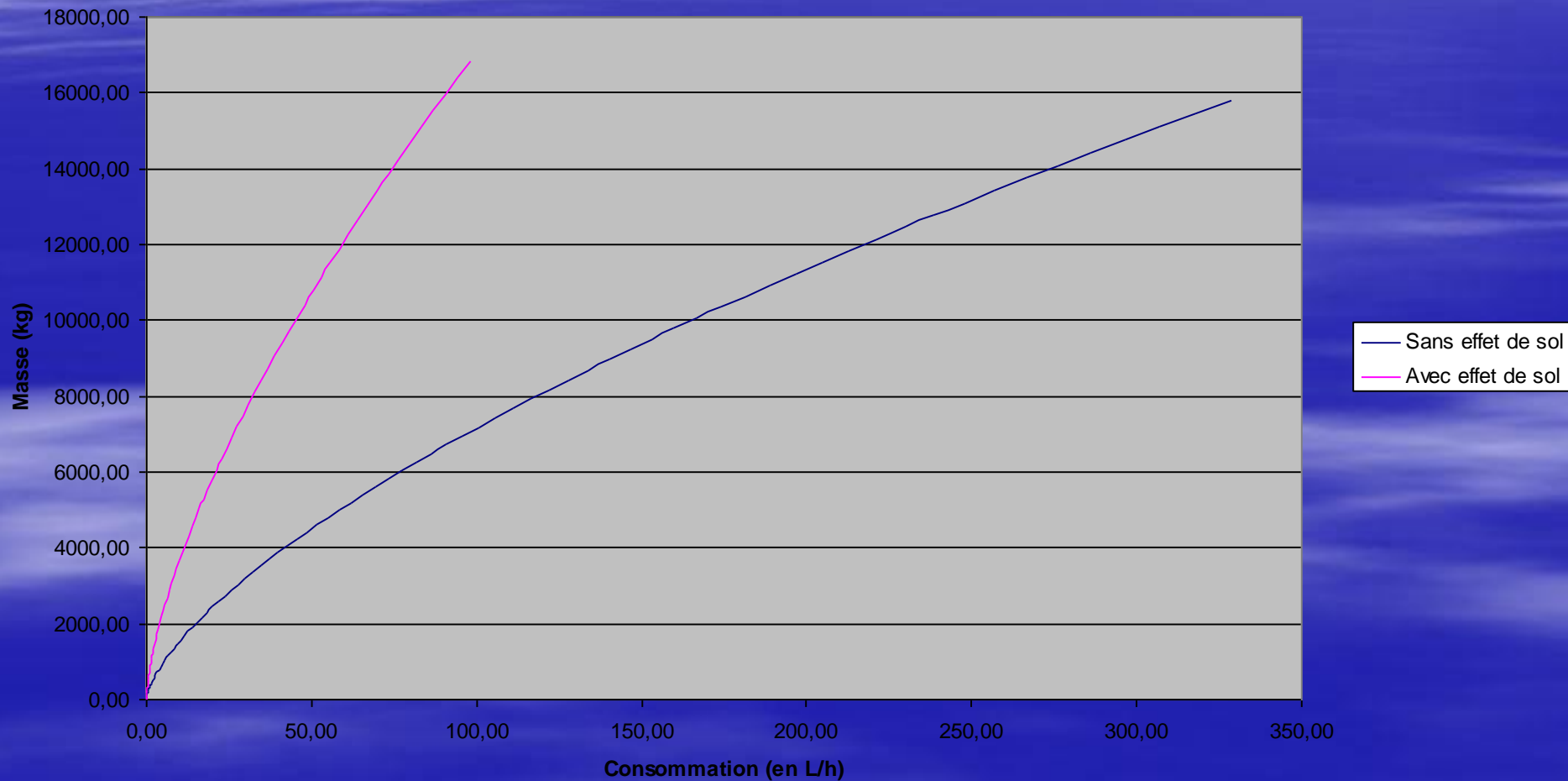
# Du graphique précédent, on déduit le graphique suivant :

## Consommation en fonction de la vitesse



# Économie totale

**Masse à décoller en fonction de la consommation**





# Conclusions

Dernière partie

# Conclusion

- L'effet de sol a plusieurs avantages
  - Économies de carburant (de l'ordre de 2,5)
  - Transport de lourdes charges à grande vitesse
- Mais il a aussi des inconvénients :
  - besoin de vastes étendues planes (comme les océans, la banquise...)
  - utilisation limitée au temps calmes



# Remerciements - Bibliographie

- Nous avons découvert le phénomène d'effet de sol dans le **Science & Vie Junior n°161** de février 2003: « **L'avion Géant qui vole au ras des flots** »
- Nous remercions l'ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales) pour sa grande aide tout au long de ces TPE. Cet organisme a été notre principale source d'information grâce aux nombreux documents publiés sur son site Web ou gracieusement envoyés par la Poste. Ils nous ont notamment fait parvenir les documents suivants :
  - **Etude en soufflerie de l'effet de sol** de Alexandre de SIEVERS 1965
  - **Détermination de l'effet de sol sur les caractéristiques de l'avion A 320** 1988
- **Initiation a l'aéronautique 4° édition**, Thierry du Puy de Goyne, Yves Plays, Patrick Lepourry, Jacques Besse, édition Cépadués, 2005, ISBN 2.85428.640.4
- Nous avons également tirés librement des informations des sites Web suivants :
  - <http://www.mit.jyu.fi/mweber/consommation/> : Informations sur la consommation en fonction de la vitesse
  - [http://foxxaero.homestead.com/indrad\\_043.html](http://foxxaero.homestead.com/indrad_043.html) : Principale source d'informations sur le projet Pélican
  - <http://membres.lycos.fr/dracken/Ekranoplan/Ekranoplan.html> : Le site de référence sur les ekranoplanes
  - <http://www.se-technology.com/wig> : Autre site en anglais mais très intéressant car il y a quasiment tout ce qui concerne l'effet de sol.
  - <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89kranoplane> : La page dédiée aux ekranoplanes sur Wikipédia
- Nous remercions **Monsieur LEMARCHAND**, professeur de mathématiques au Lycée Xavier Marmier pour son aide et les précieux conseils qu'il a pus nous donner.
- Nous remercions également les membres de la Liste de Diffusion sur Internet « **PilotList** » pour l'aide qu'ils nous ont fournis notamment pour la confirmation des différentes informations que nous avons trouvés.