

Pré dimensionnement avion 2/2

Intégrant la variation de carburant au fil du vol



www.HKW-aero.fr

Sommaire

- 1- Introduction
- 2- Processus de pré dimensionnement avion
- 3- Conclusion

1- Introduction

Il s'agit ici d'intégrer le modèle de pré dimensionnement M2 dans un processus plus global de dimensionnement des avions. Ceci pour prendre en compte les stratégies de vol afin de réduire les consommations. Il s'agit notamment de prendre en compte l'augmentation de l'altitude au fil de l'allègement de l'avion afin de ne pas trop s'éloigner de la vitesse de finesse max. Cette vitesse diminue au fil de l'allègement de l'avion.

2- Processus de prédimensionnement avion

Phase 1 : pré dimensionnement avion (modèle M2, intégrant la variation de masse de carburant au fil du vol).

Afin d'économiser du carburant, les transporteurs optimisent la masse de carburant selon la destination et prennent en compte le « coefficient de transport ». La démarche est ici différente, il s'agit d'optimiser un avion fictif selon son cahier des charges, notamment son autonomie maximale et sa variation d'altitude au fil du vol.

Le modèle de pré dimensionnement M2 part des données d'entrée suivantes :

Données d'entrée :

QM_{pl} : qualité massique planeur [/]

Z_{cr} : altitude de vol [km]

D_{fr} : dist. franchissable (maxi range) [km]

V_{cr} : vitesse de croisière [km/h]

M_u : masse utile [kg]

C_{fe} : coefficient équivalent plaque plane [/]

V_{so} : vitesse minimale de sustentation [km/h]

CZ_{max} : coefficient de portance max [/]

SM_{np} : surface mouillée non portante [m²]

S_{raf} : surface recouvrement aile fuselage [m²]

A : allongement [/]

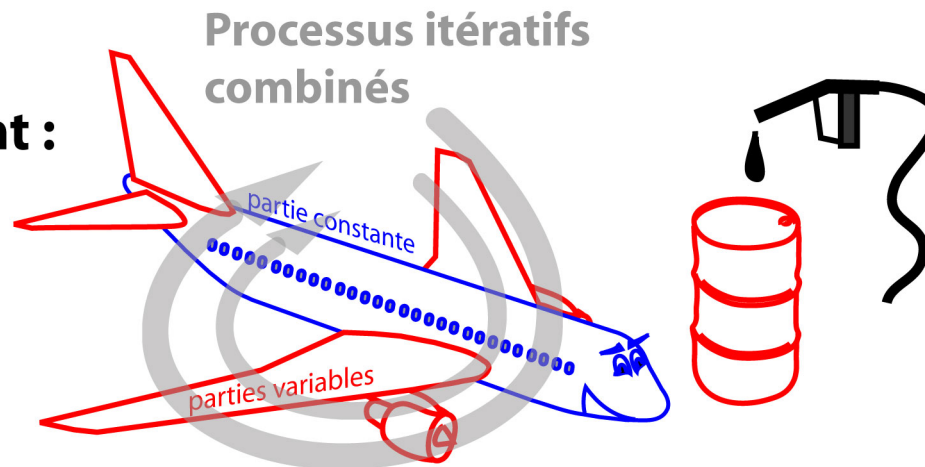
e : coefficient d'Osswald [/]

R_{hi} : rendement hélice ou fan installé [/]

M_{sp} : masse spécifique [kg/kW]

C_{sp} : consommation spécifique [kg/kWh]

Dimensionnement :



MK 2013-2025

Le dimensionnement nous donne :

QM : qualité massique M_v/M_d [/]

TdC : taux de charge des moteurs [%]

M_m : masse des moteurs [kg]

TdV : temps de vol [h]

M_c : masse de carburant [kg]

M_d (MTOW) : masse au décollage [kg]

M_v : masse à vide [kg]

S_a : surface alaire [m²]

S_e : surface des empennages [m²]

SMT : surface mouillée totale [m²]

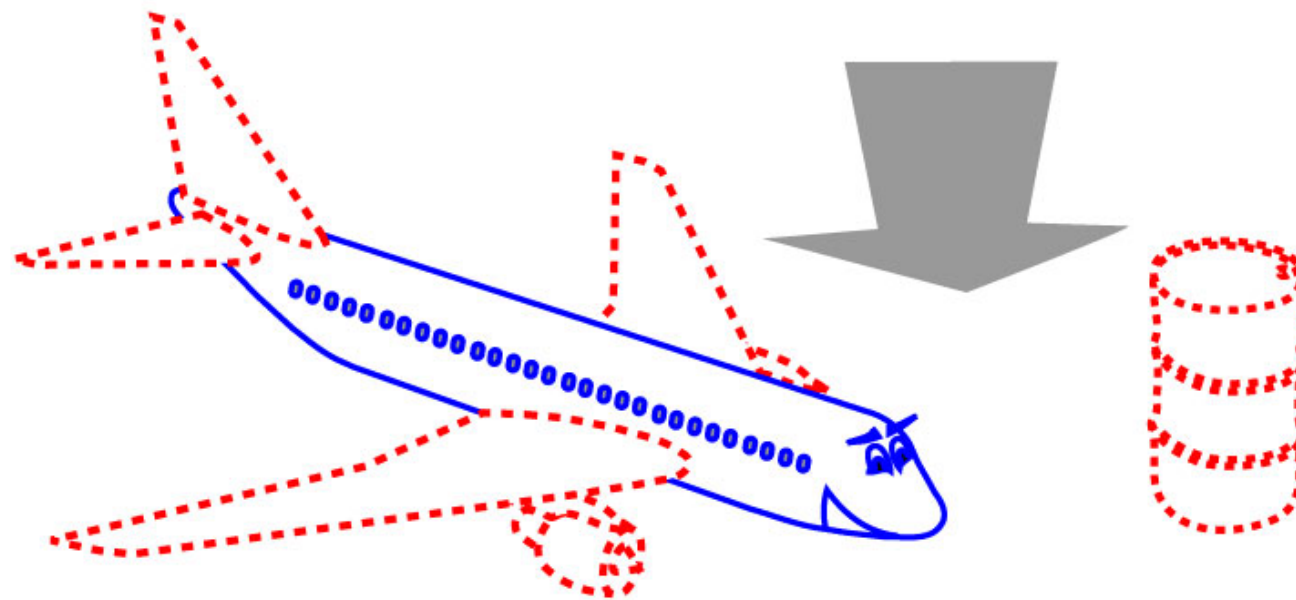
P_{cr} : puissance en croisière [kW]

P_{inst} : puissance installée [kW]

Ce qui nous intéresse plus particulièrement :

Phase 1 : pré dimensionnement M2

Donnée d'entrée : **Dfr 1**



Résultats : caractéristiques avion

Rappel quant au modèle M2 développé dans ce document : il ne s'agit pas de déterminer la consommation d'un avion donné en adaptant la masse de carburant selon la mission tel que le font les compagnies, mais de réaliser un pré dimensionnement dans le cadre d'un cahier des charges donné.

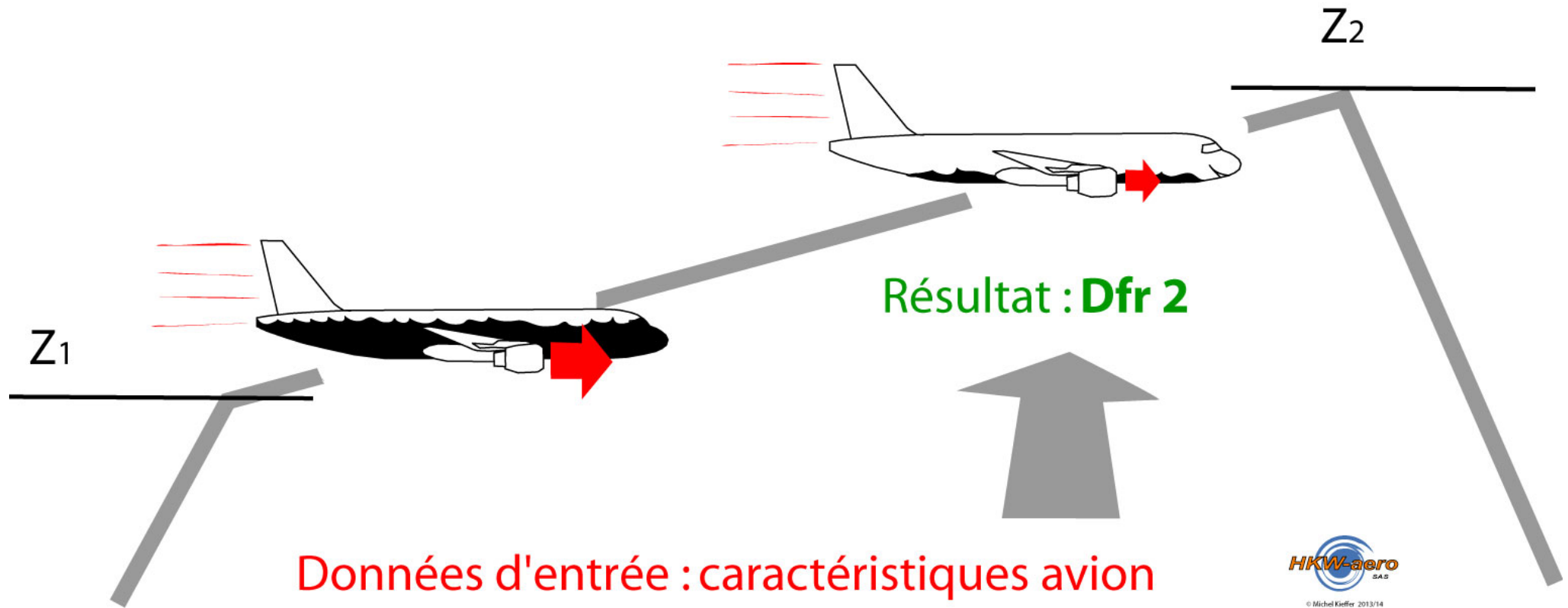
Bien entendu, une fois l'avion fictif défini, il est aisé de déterminer la consommation de l'avion pour toutes les autres missions envisageables (autonomies et masses différentes...).

Phase 2 : calcul à "l'envers" ou détermination D_{fr} à avion fixé

La vitesse de finesse max décroît au fil de l'allégement de l'avion. Donc nous faisons voler l'avion, issu du pré dimensionnement, en augmentant l'altitude pour ne pas trop s'éloigner de la vitesse de finesse max. Ceci à l'instar des profils de vol usuels.

Le résultat est la distance parcourue (qui étaient non pas un résultat mais une donnée d'entrée en phase 1) qui varie. C'est ce nouveau résultat qui doit converger vers le cahier des charges initial.

Phase 2 : calcul Dfr à avion fixé

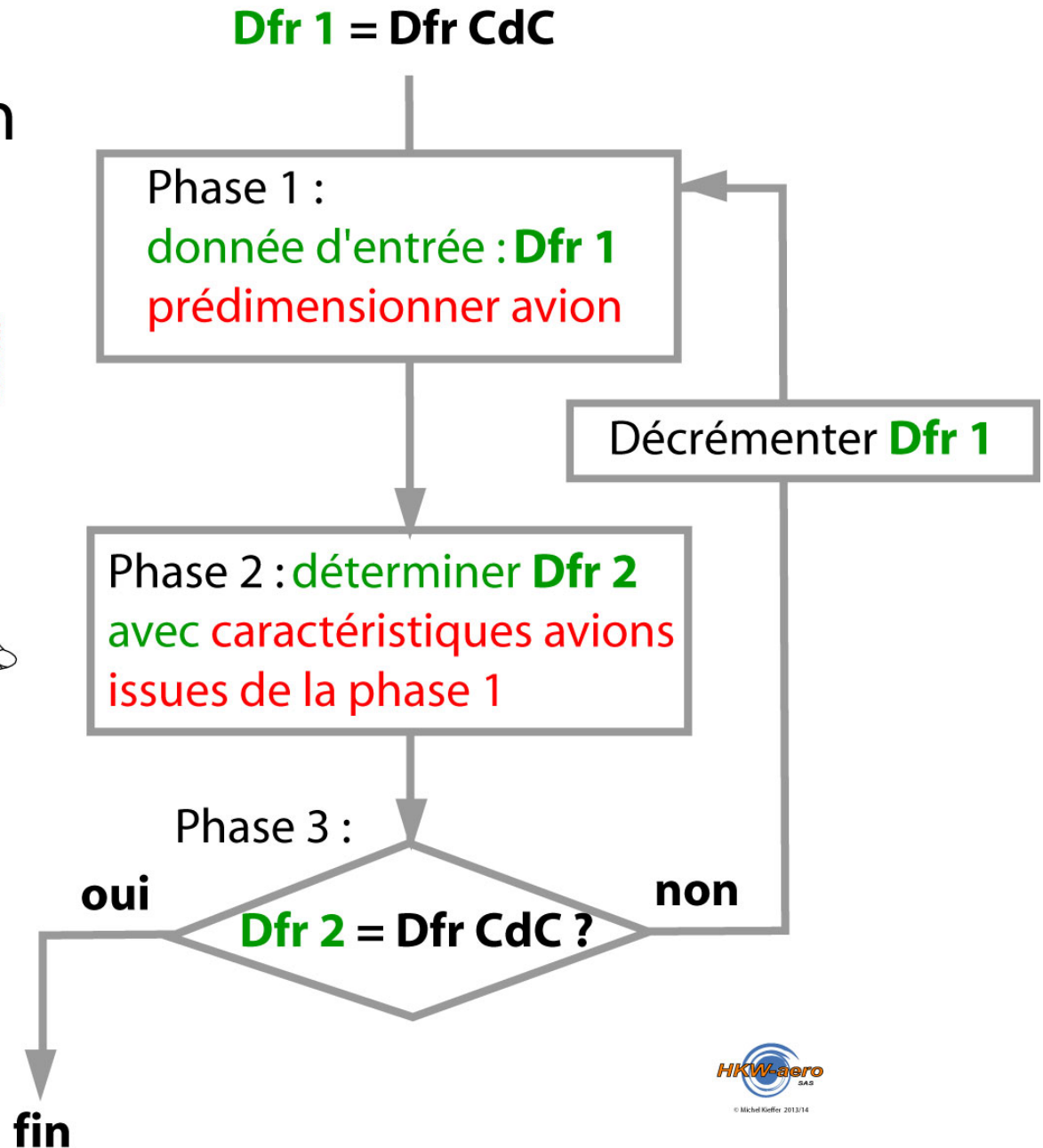
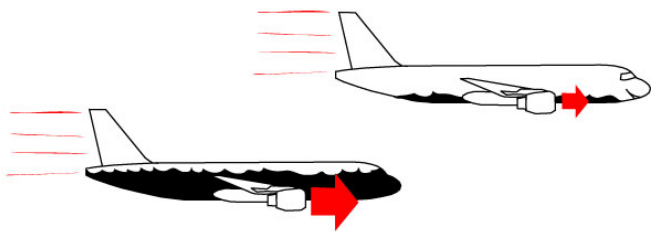
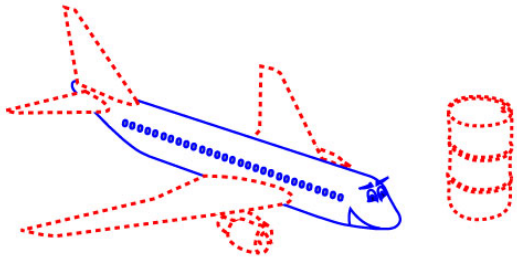


Phase 3, vérification et correction :

Nous comparons la distance franchissable ($D_{fr 1}$) pris en compte pour la phase 1 avec D_{fr} calculé en phase 2 ($D_{fr 2}$). Si l'écart est faible, nous considérons que la variation de l'altitude est de second ordre. Si l'écart est plus élevé ($> 5\%$ par exemple), nous repassons en phase 1 en corrigeant la distance franchissable de telle sorte que $D_{fr 2}$ soit la même que celle du cahier des charges initial.

Donc nous avons pré dimensionné notre avion en prenant aussi en compte la variable altitude.

Processus de pré dimensionnement avion



3- Conclusion

Le dimensionnement avec $M_c = \text{constante}$ représente la base du pré dimensionnement d'un avion (modèle M1).

Le modèle de dimensionnement proposé (modèle M2) prend en compte la variation de la masse de carburant au fil du vol. Ceci n'a que peu d'impact pour nos avions légers mais devient incontournable lorsque l'autonomie devient conséquente. L'impact devient significatif à partir de 4000 km d'autonomie (voir annexe).

Aussi, le modèle M2 est complété par la prise en compte de la variation d'altitude au fil du vol. Nous pouvons aussi raisonner ainsi en faisant varier la vitesse au fil du vol.

Le modèle M2 et le processus développé dans ce document ouvrent la porte à de multiples autres modélisations et perspectives sur l'aviation du futur.

Annexe

Pour comparer le modèle M1, qui ne tient pas compte de la variation de la masse de carburant au fil du vol, et le modèle M2, voici les écarts selon les autonomies d'avions de transport :

Autonomie	Masse carburant (Mc) Le modèle 1 nous donne*	Masse à vide (Mv) Le modèle 1 nous donne*	Masse au décollage (Md) Le modèle 1 nous donne*	P installée (Pinst) Le modèle 1 nous donne*
4000 km	+8 %	+2 %	+3 %	+2 %
6000 km	+13 %	+5 %	+6 %	+3 %
8000 km	+19 %	+9 %	+10 %	+7 %
10000 km	+29 %	+16 %	+17 %	+13 %
12000 km	+42 %	+26 %	+29 %	+22 %

* par rapport au modèle de pré-dimensionnement qui tient compte de la variation de masse de carburant au fil du vol