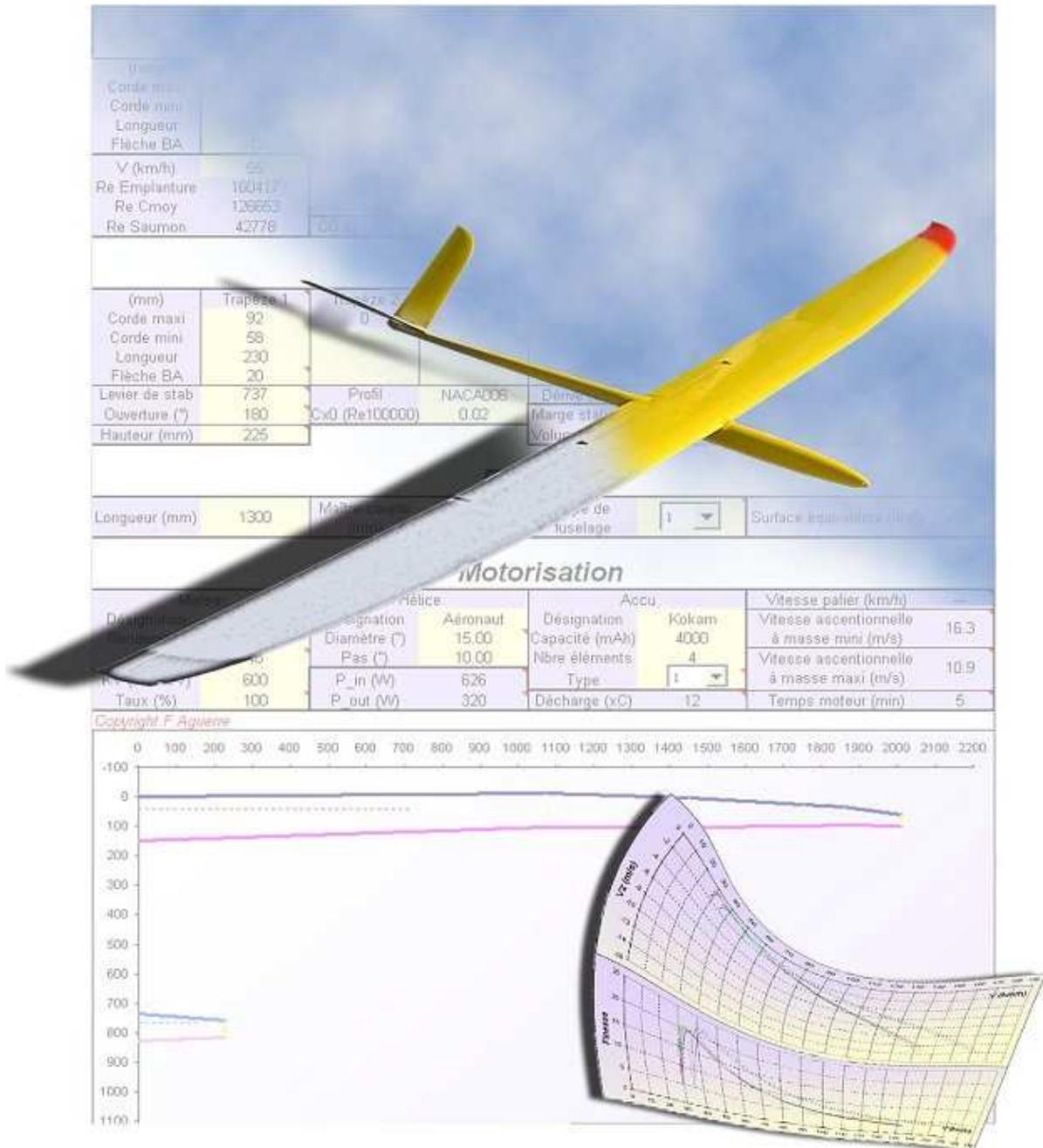


# PredimRC v2.37

## Guide d'utilisation



Mise à jour du 19.08.11

Présentation : Franck Aguerre  
Page de garde : Damien Laberny

# Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DE PREDIMRC.....</b>	<b>3</b>
2.1	BLOC DIAGRAMME .....	3
2.2	CONTENU DU PACKAGE .....	3
2.3	PARAMETRAGE D'EXCEL.....	3
<b>3</b>	<b>QUELQUES DEFINITIONS ET NOTES.....</b>	<b>6</b>
3.1	GRANDEURS GEOMETRIQUES.....	6
3.2	GRANDEURS AERODYNAMIQUES .....	6
3.3	CONSTANTES PROFIL .....	7
<b>4</b>	<b>DEROULE DE CONCEPTION.....</b>	<b>8</b>
4.1	DEFINIR SON BESOIN.....	8
4.2	ESTIMER LES REYNOLDS CARACTERISTIQUES DE VOL .....	8
4.3	CHOISIR LES PROFILS .....	8
4.4	CALCULER LES POLAIRES .....	9
4.5	INTEGRER LES PARAMETRES PROFIL DANS PREDIMRC .....	13
4.6	OPTIMISER L'ALLONGEMENT (OPTIONNEL).....	14
4.7	DIMENSIONNER ET REGLER LE MODELE.....	15
4.8	OPTIMISER LA GEOMETRIE D'AILE .....	19
4.9	EVALUER LES PERFORMANCES DE SON MODELE .....	20
4.10	DIMENSIONNER LA PROPULSION .....	22
4.11	DIMENSIONNER LES GOUVERNES .....	23
4.12	DIMENSIONNER LES SERVOS .....	24
<b>5</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>25</b>

## 1 Introduction

PredimRC est un logiciel de conception de modèles volants fonctionnant sur Microsoft Excel. Conçu initialement pour du pré-dimensionnement, il est devenu au fil des évolutions un outil de conception aérodynamique complet et performant. La plupart des modèles volants peuvent ainsi être conçus avec un maximum d'efficacité et dans un minimum de temps.

PredimRC s'appuie sur les points marquants suivants :

- polaires de profils issues de la soufflerie numérique Xfoil
- méthode originale du calcul de l'allongement optimal pour les machines de performances (60pouces, F3J, F3F, F3B, F3D, ...)
- calculs à Re variable, sur la globalité du modèle (aile, stab, fuselage)
- équations complètes de la prise en compte du sillage des ailes pour les problèmes de stabilité, de centrage et de calage de stab (M. Sherrer / T. Platon)
- méthode originale de calcul du point de fonctionnement d'un modèle électrique

PredimRC permet d'obtenir les résultats suivants :

- optimisation de l'allongement
- optimisation de la géométrie par VLM
- optimisation du volume de stab, et du modèle en général
- courbes de performances du modèle, pour 3 profils x 2 masses
- performances au moteur
- réglages (centrages, calages)
- dimensionnement des servos

Dans la pratique, les résultats donnés par PredimRC ont été vérifiés sur de nombreux modèles - du micro modèle au planeur de compétition F3F en passant par des racers électriques - et ont montré la grande robustesse et fiabilité de ce logiciel.

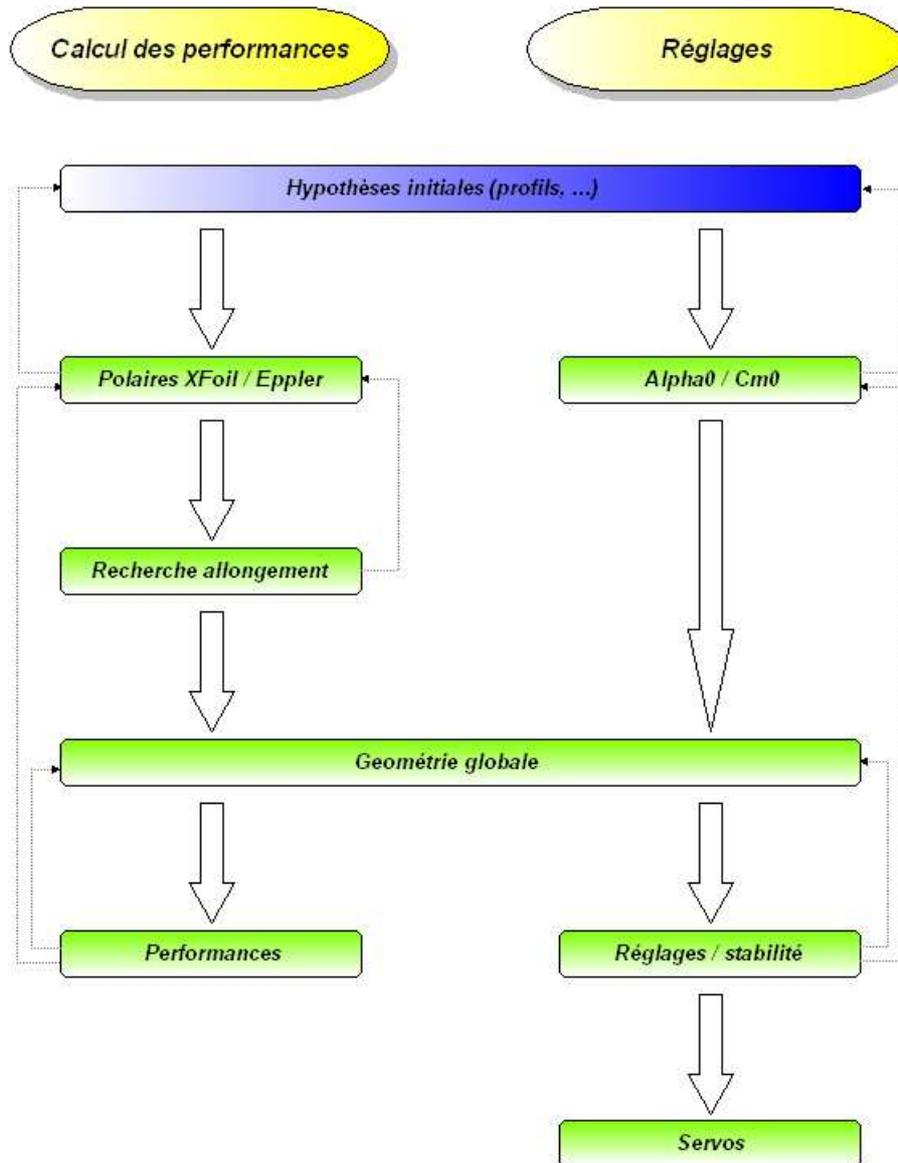
### NOTA

- PredimRC peut être utilisé de deux manières radicalement différentes :
  - en conception directe, à partir d'une feuille blanche.
  - en rétro-conception, à partir d'un modèle existant plus ou moins avancé, par exemple pour vérifier les réglages de centrage et de calage.
- Pour simplifier l'utilisation, la liste des profils pré-saisies comprend 6 profils génériques. Dans la majorité des cas, cela est suffisant pour obtenir des résultats corrects tout en se dispensant de l'utilisation d'Xfoil et de la base de donnée profils et polaires. De même, le module d'optimisation de l'allongement est optionnel et indépendant des autres modules et son utilisation est facultative.
- N'hésitez pas utiliser l'aide intégrée: la plupart des cellules sont commentées, avec des valeurs cibles ou des explications. Si les commentaires ne s'affichent pas, allez dans menu Outils/Option, onglet Affichage, puis choisir « indicateur seul ».
- Certaines fonctionnalités reposent sur des macros VisualBasic, nécessitant l'utilisation quasi impérative d'Excel. Par défaut, Excel demande la confirmation d'activation de ces macros, qu'il faut donc accepter. Il est aussi possible de configurer Excel pour accepter ces macros automatiquement, dans le menu Outils/Macros/Sécurité.

**PredimRC est réservé à un usage privé, et ne peut donc être ni copié, ni distribué, ni utilisé dans le cadre d'une application commerciale sans l'avis de l'auteur. De même, ce logiciel est livré en l'état, la responsabilité de l'auteur ne saurait être engagée de quelque manière que ce soit dans le cas d'un accident impliquant un modèle conçu grâce à ce logiciel.**

## 2 Présentation de PredimRC

### 2.1 Bloc diagramme



### 2.2 Contenu du package

**PredimRC\_ConceptionModèle.xls** : application principale

**PredimRC\_BddProfils.xls** : base de données profils et polaires + outil de pilotage Xfoil

**Xfoil.exe** : soufflerie numérique Xfoil

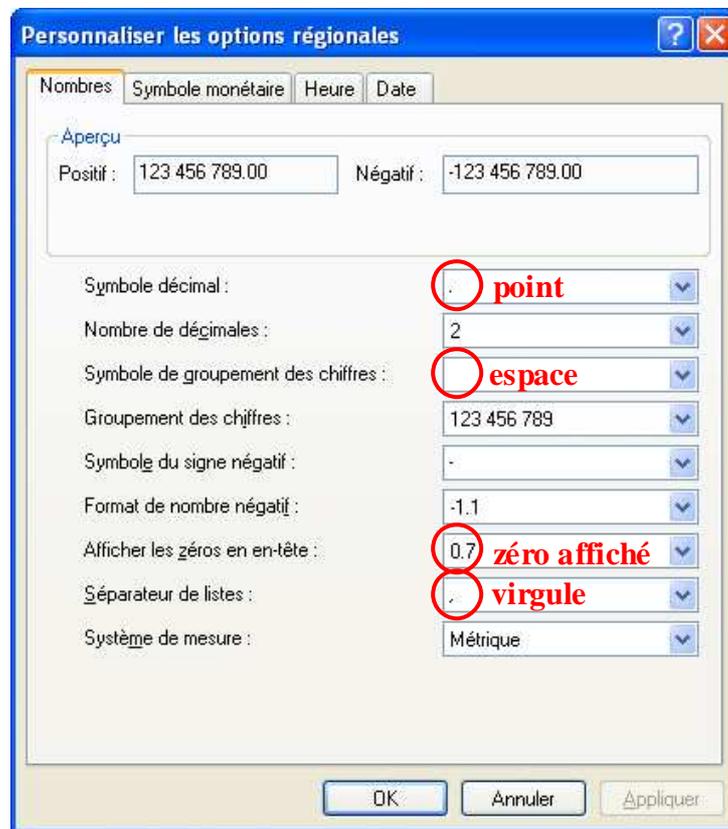
**Polaire.bat + CMD.txt** : fichiers de pilotage d'Xfoil (ne surtout pas modifier)

### 2.3 Paramétrage d'Excel

Deux points importants demandent à être traités avant la première utilisation de PredimRc.

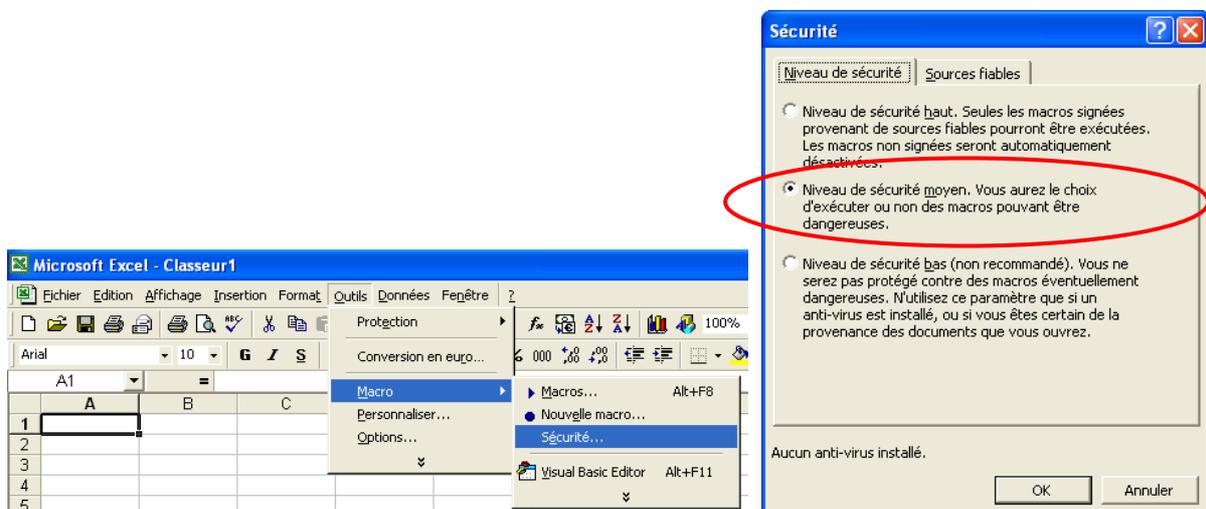
### Paramétrage de Windows :

Aller dans « Panneau de configuration », puis ouvrir « Option régionales et linguistiques », puis cliquer sur « Personnaliser ». Dans l'onglet « Nombres », régler les paramètres comme suit :

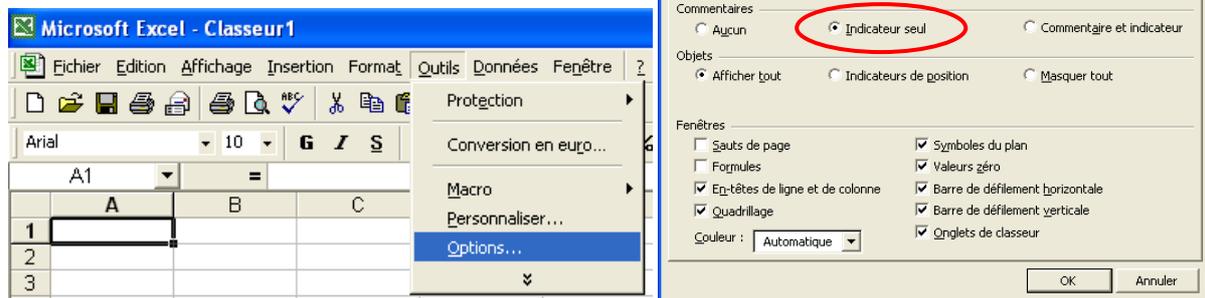


### Paramétrage d'Excel :

Ouvrir le menu « sécurité », puis placer le niveau de sécurité à « moyen » pour accepter les macros.

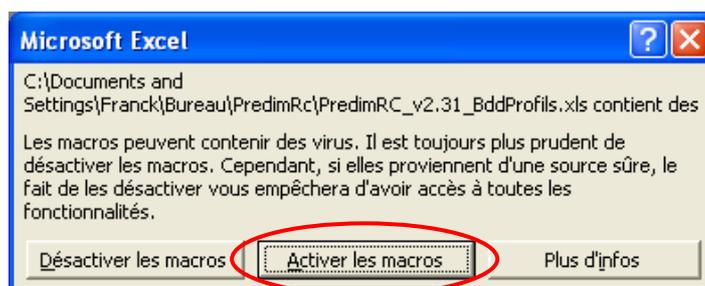


Aller ensuite dans le menu « options », puis régler les commentaires sur « indicateur seul ». Cela permettra d'avoir accès aux commentaires d'aides propres à certaines cellules.



Fermer ensuite Excel (sans enregistrer le fichier).

A l'ouverture de PredimRc, il faudra cliquer sur le bouton « Activer les macros ».



### 3 Quelques définitions et notes

#### 3.1 Grandeurs géométriques

**Allongement (  $\lambda$  )** : caractérise l'importance de l'envergure devant les cordes d'ailes ou de stab. Se définit mathématiquement par :  $\lambda = \frac{\text{envergure}^2}{S}$

**Ligne neutre** : ligne caractéristique d'un fuselage, qui correspond à son incidence de traînée minimale. Elle est assimilée à la ligne de vol.

**Calage** : angle entre l'aile ou le stabilisateur par rapport à la ligne neutre du fuselage. Que ce soit pour l'aile ou le stab, cet angle est positif quand le bord d'attaque se trouve plus haut que le bord de fuite.

**Volume de stab** : valeur adimensionnelle qui reflète la capacité du stab à « tenir » l'aile dans les différentes configurations de vol. Le volume de stab doit être d'autant plus grand que l'appareil est susceptible d'évolutions aux grands angles, ce qui va souvent à l'encontre de la recherche de la traînée minimale. C'est aussi le cas si le  $C_{m0}$  du profil est important.

**Foyer du modèle complet** : point de stabilité neutre d'un modèle, où s'équilibrent les variations des forces de portance (aile, stab et fuselage) lors d'une variation d'incidence (voulue, après une action à la profondeur, ou subie à cause d'une turbulence). En pratique, le centrage doit toujours se trouver devant ce point pour assurer la stabilité de vol.

#### 3.2 Grandeurs aérodynamiques

**Alpha (  $\alpha$  )** : angle d'incidence du profil par rapport à l'air.

**C<sub>x</sub>** : coefficient de traînée, d'un profil, d'une aile ou d'un modèle. Le C<sub>x</sub> caractérise la résistance à l'avancement.

**C<sub>z</sub>** : coefficient de portance, d'un profil ou d'une aile. Le C<sub>z</sub> évolue à peu près linéairement en fonction de l'angle d'incidence du profil.

**C<sub>m</sub>** : coefficient de moment, d'un profil ou d'une aile. Le C<sub>m</sub> reflète le couple de pivotement autour du foyer du profil (25% de la corde) généré par l'écoulement de l'air. Il est positif pour une aile volante (stable), et négatif pour un profil standard (instable). Dans le dernier cas, c'est le stabilisateur qui doit contrer ce couple, d'autant plus important que la valeur absolue de C<sub>m</sub> est élevée.

**Traînée (F<sub>x</sub>)** : force parallèle à l'avancement d'un objet. La traînée s'exprime en N (newton, 10N ≈ 1kg), et se calcule par la relation :  $F_x = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$ , avec  $\rho = 1.292 \text{ kg/m}^3$  (densité standard de l'air), S = surface (en m<sup>2</sup>), et V la vitesse d'avancement (en m/s).

**Portance (F<sub>z</sub>)** : force perpendiculaire à l'avancement d'un objet. La portance s'exprime en N et se calcule par la relation :  $F_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_z \cdot V^2$

**Traînée induite (C<sub>xi</sub>)** : traînée liée à l'allongement de l'aile ou du stab. Nulle pour C<sub>z</sub> = 0, elle augmente avec le C<sub>z</sub>, mais d'autant moins que l'allongement est important. Physiquement, la traînée induite est générée au niveau du saumon par une circulation d'air de l'intrados (surpression) vers l'extrados (dépression).

Plus l'allongement est important, moins cette circulation affecte le reste de l'aile. Se calcule par la relation :  $C_{xi} = \frac{C_z^2}{\pi \lambda}$

**Nombre de Reynolds ( Re )** : coefficient adimensionnel qui englobe la vitesse d'évolution et la dimension (corde) d'un profil. Postulat : un profil de corde X évoluant à la vitesse Y se comporte de

manière identique à ce même profil de corde  $X/2$  évoluant à la vitesse  $Y^2$ , car ils évoluent au même nombre de Reynolds.  $Re = 70.Corde(mm).V(m/s)$ .

**Polaire(s)** : courbe(s) caractéristique(s) des performances ou du comportement d'un profil, d'une aile ou d'un modèle. Les polaires les plus classiques sont :

- Polaires profils :  $C_z$  en fonction de  $C_x$ ,  $C_z$  en fonction de  $\alpha$ ,  $C_m$  en fonction de  $C_z$ . On trace généralement ces polaires pour différents  $Re$ .
- Polaires modèle : taux de chute en fonction de la vitesse de vol, finesse en fonction de la vitesse de vol. On trace généralement ces polaires pour différentes masses.

**Corde moyenne aérodynamique ( CMA )** : corde virtuelle, équivalente d'un point de vue aérodynamique à l'ensemble des cordes d'une aile. Elle est à la base du calcul du centrage et des bras de levier d'un aéronef.

Mathématiquement, cette corde est la moyenne des cordes pondérées par les surfaces élémentaires. Les plus mathématiques reconnaîtront la définition d'une intégrale, en l'occurrence :

$$CMA = \frac{2}{S} \int_0^{env/2} C^2(y).dy \quad \text{avec } S = \text{surface aile, } C(y) = \text{corde et } C(y).dy = \text{surface élémentaire.}$$

**Sillage d'aile** : c'est le flux d'air descendant généré par une aile. Suivant son bras de levier et sa hauteur, un stabilisateur subit plus ou moins ce flux, et son calage géométrique doit être corrigé en conséquence pour positionner son incidence aérodynamique par rapport à ce flux.

**Interaction** : qualifie la traînée générée par l'intersection de deux surfaces. Typiquement, on retrouve la traînée d'interaction à la jonction du fuselage avec les ailes ou le stab. Par défaut, on estime qu'elle représente 10% de la traînée totale d'un modèle.

**Marge statique** : pourcentage qui indique le degré de stabilité d'un modèle, défini par le rapport de la distance CG / foyer à la corde moyenne. Cette valeur valable quelle que soit la configuration : ailes volantes, canard, etc.

Ce qu'il faut retenir :

- Si la marge statique est négative : le modèle est divergent, la moindre perturbation de la trajectoire (action à la profondeur ou mouvement d'air) est amplifiée.
- Si la marge statique est nulle : le modèle est neutre.
- Si la marge statique est positive : le modèle reprend sa trajectoire naturelle d'autant plus vite que la marge statique est élevée.

Concrètement, cette valeur peut aller de 0 pour un appareil de vitesse ou de voltige à 5% pour un appareil calme où la stabilité est privilégiée. Attention, pour un modèle à stabilisateur, ces valeurs sont valables uniquement pour une limite de centrage arrière tenant compte de la contribution du fuselage.

### 3.3 Constantes profil

**Cm0** : coefficient de moment du profil à portance ( $C_z$ ) nulle.

**Alpha0** : angle d'incidence du profil à portance ( $C_z$ ) nulle.

## 4 Déroulé de conception

**Avant de démarrer, le plus important à comprendre est que la conception d'un modèle est une démarche itérative. Chaque étape peut remettre en cause les hypothèses initiales, et il faut donc les ré-adapter puis re-dérouler le processus de conception. C'est ensuite l'expérience du concepteur qui permettra d'arriver au plus vite au meilleur compromis.**

Afin d'en faciliter la compréhension, toute la méthode est déroulée au travers d'un exemple, en l'occurrence la conception d'un planeur de détente 3 axes avec stab en T.

### 4.1 Définir son besoin

Cela revient à se poser la question : quel est le modèle que je désire concevoir, et pour quel domaine de vol ? Si la question est triviale, la réponse l'est moins car elle pose les bases de tout ce qui va suivre.

Voici les éléments minimum à définir, approximativement pour l'instant :

- quelle envergure ?
- quelle surface alaire ?
- quelle plage de masse ?
- quelle vitesse nominale (ou « moyenne ») de vol ?

A ce stade de la conception, il s'agit simplement d'ordres de grandeur très larges, que la conception va permettre d'affiner, voire de remettre en cause s'ils ne sont pas adaptés.

*Pour l'exemple qui nous intéresse, voici les hypothèses de départ :*

- envergure : environ 1,80 m
- surface : environ 30 dm<sup>2</sup>
- masses : de 700 à 1100 g
- vitesse mini : 25km/h
- vitesse moyenne : 50 km/h

### 4.2 Estimer les Reynolds caractéristiques de vol

Il s'agit du Re moyen de vol et du Re mini, qui vont servir à choisir les profils les mieux adaptés au domaine de vol de votre modèle. On les calcule à partir des dimensions du modèle et des vitesses mini et moyenne.

**L'important ici n'est pas de trouver une valeur précise, mais simplement une base de travail à peu près logique par rapport à l'utilisation du modèle. Par exemple, un racer F3D volant à plus de 300 km/h aura de grandes chances d'avoir une plage de Re nettement plus élevée que celui d'un lancé-main optimisé pour évoluer presque 10 fois moins vite.**

Les données définies a priori dans l'étape 4.1 permettent de calculer ce nombre de Reynolds de référence. Rien de bien sorcier :  $Re = 70 \times \text{Vitesse(m/s)} \times \text{CordeMoyenne(mm)}$

Avec :

- $\text{Vitesse(m/s)} = \text{Vitesse(km/h)} / 3.6$
- $\text{CordeMoyenne(mm)} \approx 10 * \text{Surface(dm}^2) / \text{Envergure(m)}$

*Pour l'exemple :  $Re_{mini} \approx 80000$  et  $Re_{moy} \approx 160000$*

### 4.3 Choisir les profils

Cette étape est vitale pour le modèle et ses performances, même s'il faut être conscient que le profil ne fait pas tout : la géométrie des ailes et du stab, le fuselage, les calages, la traînée des commandes, jouent un rôle tout aussi important dans les performances finales.

Comment choisir un profil ? Cette question n'est pas si innocente que cela, car le nombre de profils disponibles a de quoi noyer le plus averti des modélistes. En fait, le choix d'un profil est directement lié à l'utilisation de son modèle, et à une comparaison avec d'autres profils. Et bien entendu, on compare les profils pour les Re caractéristiques représentatifs du domaine de vol choisi déterminés en 4.2.

Voici quelques grandes lignes :

- Les profils de début : la traînée ne doit pas être trop faible, et le  $Cz_{max}$  doit être élevé pour améliorer le comportement à basse vitesse.
- Les profils de gratte : le principal critère est d'avoir une faible traînée à un  $Cz$  assez important, de l'ordre de 0,3 à 0,5, ainsi qu'un  $Cz_{max}$  élevé.
- Les profils de vitesse : la traînée doit être minimale à faible  $Cz$ . Pour les catégories F3F, F3B, F3I, F3D, qui demandent en plus de tourner serré, il faut avoir un  $Cz_{max}$  élevé, ce qui est souvent contradictoire avec le critère de traînée mini. Pour contourner le problème, de plus en plus de profils sont optimisés pour l'utilisation de volets qui décalent le  $Cz_{max}$  et le  $Cz$  de  $Cx_{mini}$ .
- Les profils de voltige : avec ou sans volets, ils doivent présenter une plage de  $Cz$  négatifs assez large pour bien évoluer sur le dos. Ensuite, s'il s'agit de voltige planeur, il faut aussi rechercher la finesse et la gratte, ce qui demande un compromis souvent difficile à trouver.
- Les profils d'ailes volantes : leur principale caractéristique est l'auto-stabilité, définie par un  $Cm_0$  positif.

D'autres considérations que le  $Cx$  et le  $Cz$  peuvent aussi rentrer en ligne de compte :

- Le  $Cm$  : s'il est faible, cela permet de réduire la taille du stab, et donc la traînée associée. Sans compter la neutralité du modèle plus importante quelle que soit la vitesse.
- La variation de  $Cm$  : une courbe de  $Cm$  « plate » favorise un comportement agréable en tangage.
- La réponse aux gouvernes : certains profils ont des réponses plus ou moins efficaces, ce qui peut être important pour de la voltige.
- Le Re critique : c'est le Re minimal en dessous duquel un profil fonctionne mal ( $Cx$  important,  $Cz_{max}$  réduit, forte variation de  $Cm$ ). Pour nos profils de modèles réduits, cela peut aller de 20000 à plus de 100000 suivant les profils.

*Pour l'exemple : trois profils sont sélectionnés a priori :*

- *FAD05S-9%, un profil perso assez polyvalent et gratteur*
- *Clark-Y, réputé pour sa plage de portance élevée*
- *Eppler 195, qui a eu son heure de gloire*

**NOTA : on peut aussi sélectionner un seul profil, et décliner son fonctionnement avec différentes valeurs de braquage de volet. C'est typiquement le cas pour un planeur de compétition.**

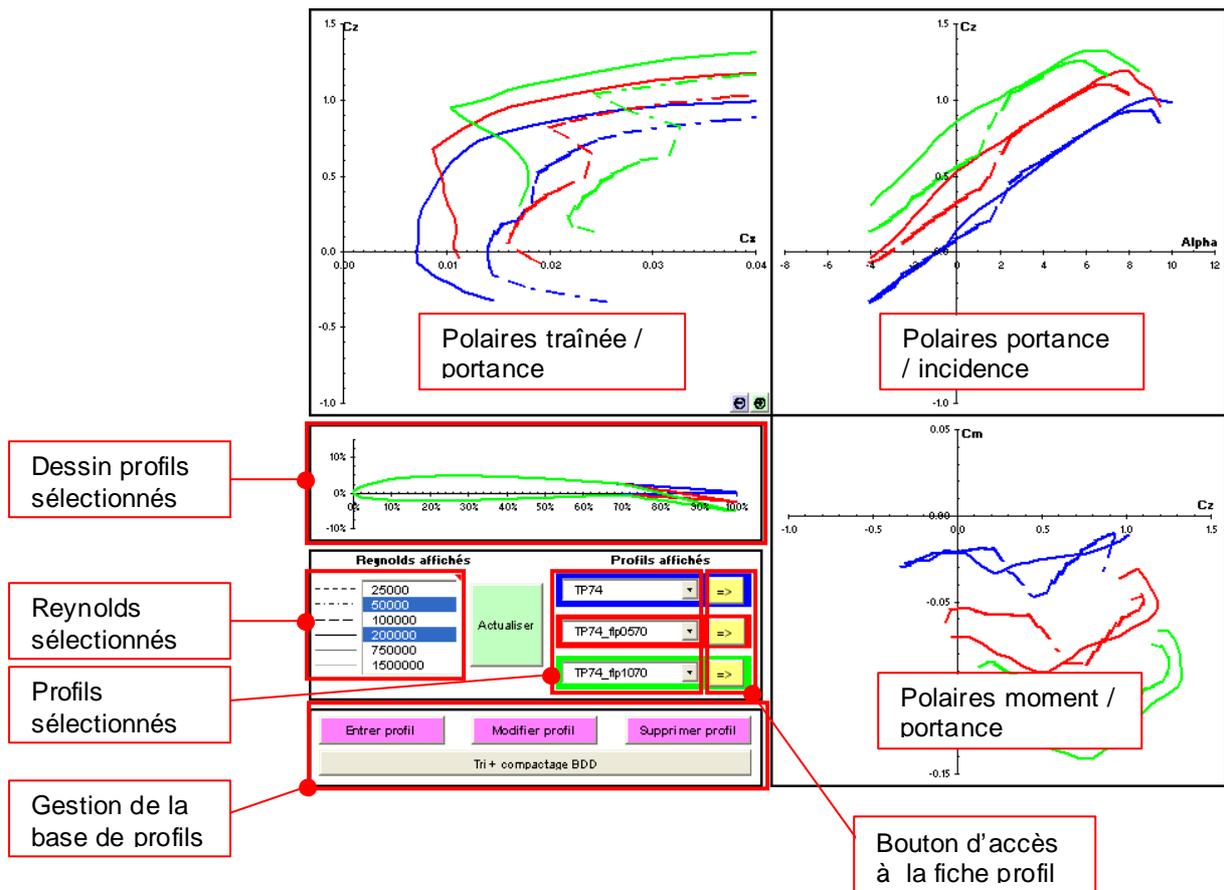
#### **4.4 Calculer les polaires**

Après avoir ainsi pré-sélectionné quelques profils, il faut les passer en soufflerie numérique pour évaluer leurs performances et retenir les plus intéressants. La soufflerie retenue pour PredimRc est Xfoil, développé par Mark Drela, qui est LA référence actuelle. Cette soufflerie est pilotée au travers de l'outil BddProfils, servant aussi de base de données profils et polaires. Son utilisation est particulièrement simple par rapport à d'autres outils équivalents car de nombreux paramètres sont gérés automatiquement : formatage du profil, Reynolds calculés,  $N_{crit}$ , etc. Les graphiques les plus intéressants ( $Cx/Cz$ ,  $Cm/Cz$ ,  $Cz/Alpha$ ) sont déjà construits, de même que certains calculs sont automatisés :  $Alpha_0$ ,  $Cm_0$ .

PredimRc ne fonctionne pas directement avec les polaires Xfoil mais avec une équation les décrivant au travers de paramètres d'interpolation. Ces paramètres sont automatiquement calculés à l'ordre 1, l'utilisateur pouvant ensuite les affiner graphiquement.

Voici en détail le fonctionnement de cet outil.

**Interface principale :**



Pour faciliter l'utilisation, un code graphique a été fixé :

- Une couleur par profil (bleu, rouge, vert) pour les dessins et les polaires
- Un type de trait (continu, pointillé, etc.) par Re

**NOTA :** ne pas oublier de cliquer sur le bouton « Actualiser » pour régénérer les graphiques après un nouveau choix de Reynolds ou de profil.

**Fiche profil :**

On peut y accéder de deux manières :

- Via les boutons d'accès pour chaque profil sélectionné :

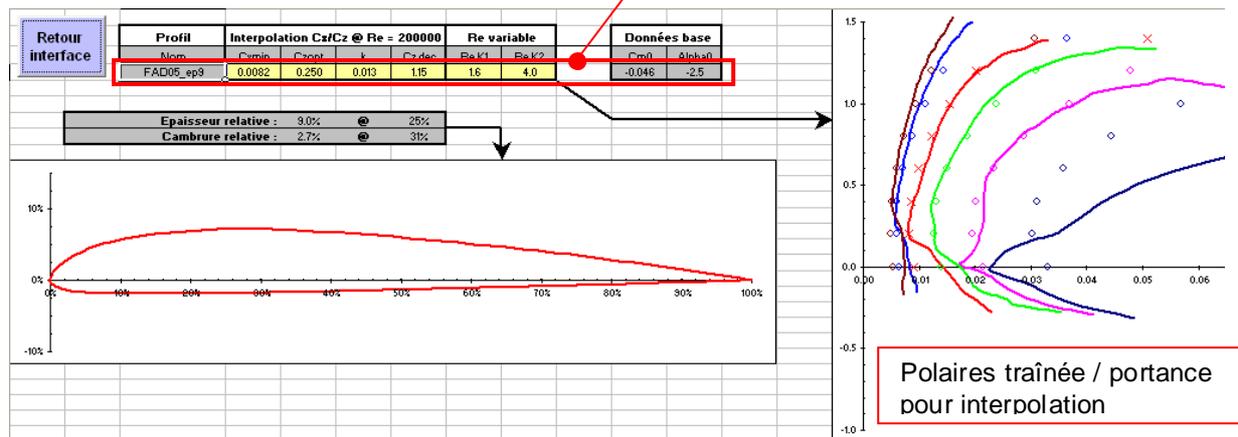


- Directement avec les onglets Excel (automatiquement triés par l'outil) :



Voici comment la fiche profil se présente :

Paramètres d'interpolation + caractéristiques aéro de base



Data profil		Re 25000				Re 50000				Re 100000				Re 200000				Re 750000	
x	y	Alpha	Cz	Cx	Cm	Alpha	Cz	Cx	Cm	Alpha	Cz	Cx	Cm	Alpha	Cz	Cx	Cm	Alpha	Cz
1.00000	0.00047	-4	-0.3143	0.04845	-0.02688	-4	-0.2937	0.04123	-0.0327	-4	-0.2794	0.03951	-0.0325	-4	-0.2811	0.02289	-0.0303	-4	-0.157
0.99070	0.00190	-3.5	-0.2651	0.04205	-0.03	-3.5	-0.2424	0.03396	-0.0334	-3.5	-0.2365	0.0275	-0.0313	-3.5	-0.2159	0.02067	-0.0322	-3.5	-0.1004
0.97046	0.00494	-3	-0.2094	0.03657	-0.0317	-3	-0.1918	0.02915	-0.0325	-3	-0.1891	0.02504	-0.0293	-3	-0.1311	0.01745	-0.0362	-3	-0.0487
0.94775	0.00828	-2.5	-0.1515	0.03235	-0.0319	-2.5	-0.1433	0.0261	-0.0314	-2.5	-0.137	0.02068	-0.029	-2.5	-0.0494	0.01525	-0.0444	-2.5	0.0044
0.92479	0.01168	-2	-0.0991	0.02906	-0.0308	-2	-0.0909	0.02373	-0.0301	-2	-0.0896	0.0194	-0.0285	-2	0.0399	0.01311	-0.0499	-2	0.0568
0.90193	0.01461	-1.5	-0.0259	0.02228	-0.0285	-1.5	-0.0395	0.0216	-0.0292	-1.5	0.0051	0.01721	-0.0259	-1.5	0.1145	0.01163	-0.0517	-1.5	0.1036
0.87906	0.01802	-1	0.0143	0.02238	-0.0266	-1	0.0122	0.01744	-0.0285	-1	0.1087	0.01303	-0.0433	-1	0.1741	0.00835	-0.0506	-1	0.2188
0.85614	0.02122	-0.5	0.0502	0.02399	-0.0252	-0.5	0.047	0.01852	-0.0258	-0.5	0.2242	0.01281	-0.0542	-0.5	0.2521	0.00817	-0.0538	0	0.2563
0.83218	0.02433	0	0.0834	0.0251	-0.0244	0	0.1229	0.02022	-0.0238	0	0.3028	0.01248	-0.0569	0	0.3007	0.00801	-0.0511	0.5	0.3273
0.81025	0.02732	0.5	0.114	0.02667	-0.0243	0.5	0.2668	0.02142	-0.0217	0.5	0.3607	0.01232	-0.0552	0.5	0.3491	0.00856	-0.0489	1	0.3949
0.78733	0.03023	1	0.1427	0.02869	-0.0249	1	0.3742	0.02174	-0.0206	1	0.4101	0.01253	-0.0523	1	0.3983	0.00911	-0.047	1.5	0.4473
0.76442	0.03310	1.5	0.1706	0.03111	-0.0261	1.5	0.4572	0.02174	-0.0232	1.5	0.4594	0.01297	-0.0498	1.5	0.4484	0.00936	-0.0456	2	0.5
0.7414	0.03589	2	0.1982	0.03386	-0.0278	2	0.5187	0.02194	-0.0217	2	0.509	0.01356	-0.0478	2	0.4934	0.01006	-0.0444	2.5	0.5529

Coordonnées profil

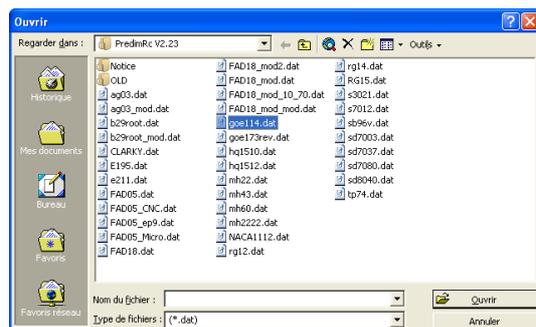
Données polaires

Les paramètres d'interpolation sont calculés automatiquement par le programme, avec un degré de précision assez satisfaisant dans la plupart des cas. Néanmoins, les polaires de certains profils sont loin d'être aussi régulières que celles présentées ici, et demande à l'utilisateur d'ajuster les paramètres pour obtenir un résultat correct. Le but est de faire coïncider au mieux les points représentant l'interpolation sur les courbes issues de Xfoil.

Voici comment cela fonctionne :

- Les quatre premiers paramètres règlent la coïncidence des points interpolés sur la polaire à Re = 200000 (rouge) : Cx\_min et Cz\_opt règlent le point d'inflexion, k la courbure et Cz\_dec le point de décrochage.
- Re\_K1 règle la correspondance des points interpolés pour les Re < 20000 (10000, 50000 et 25000)
- Re\_K2 règle la correspondance des points interpolés pour les Re > 20000 (75000 et 150000)
- Les Alpha0 et Cm0 sont calculés automatiquement à partir de la polaire à Re = 150000. Dans l'éventualité où Xfoil n'a pas pu générer cette polaire, il est toujours possible de déterminer manuellement ces valeurs à partir des polaires à Re = 750000 voire 200000 de l'interface principale, en retenant que ces résultats à faibles Re seront moins fiables.

### Importation d'un nouveau profil :



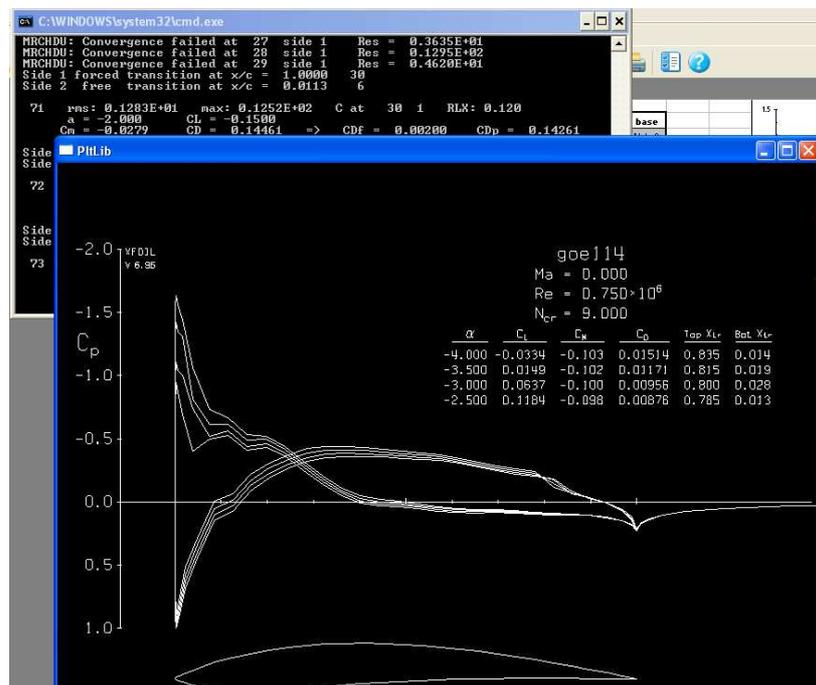
Par défaut, on choisira de ne pas utiliser l'option de convergence Xfoil. Elle peut se révéler utile dans le cas où les calculs Xfoil pour certains Reynolds ne donnent pas de résultat.

nCrit définit le niveau de turbulence moyen autour du profil, que l'on peut assimiler à un état de surface. Ce paramètre est donc important pour la fiabilité de la simulation :

- 9 : valeur par défaut, représentatif d'une finition soignée (ex : tout-plastique)
- 6 : représentatif d'une finition moyenne (ex : aile coffrée classique)
- 3 : représentatif d'une finition rugueuse (ex : aile en structure)

Changer le nombre de points du profil (60 par défaut) peut aider xFoil à converger.

L'onglet du nouveau profil est ensuite créé, puis Xfoil est lancé :



Pour finir les polaires sont importées et les paramètres calculés. A ce niveau, l'utilisateur n'a strictement aucune action à réaliser.

#### NOTAS :

Avant de charger un profil, toujours vérifier que le nom de fichier ne comprend pas de caractère spéciaux (espace, tiret, lettres accentuées, etc.).

Le fichier du profil doit être au format .dat, structuré de la manière suivante : première ligne de commentaire puis coordonnées sous la forme 1 0 ... 0 0 ... 1 0. Certains concepteurs laissent des lignes de commentaires après les coordonnées, il faut impérativement les supprimer. A vérifier en ouvrant le fichier avec un éditeur de texte type BlocNote.

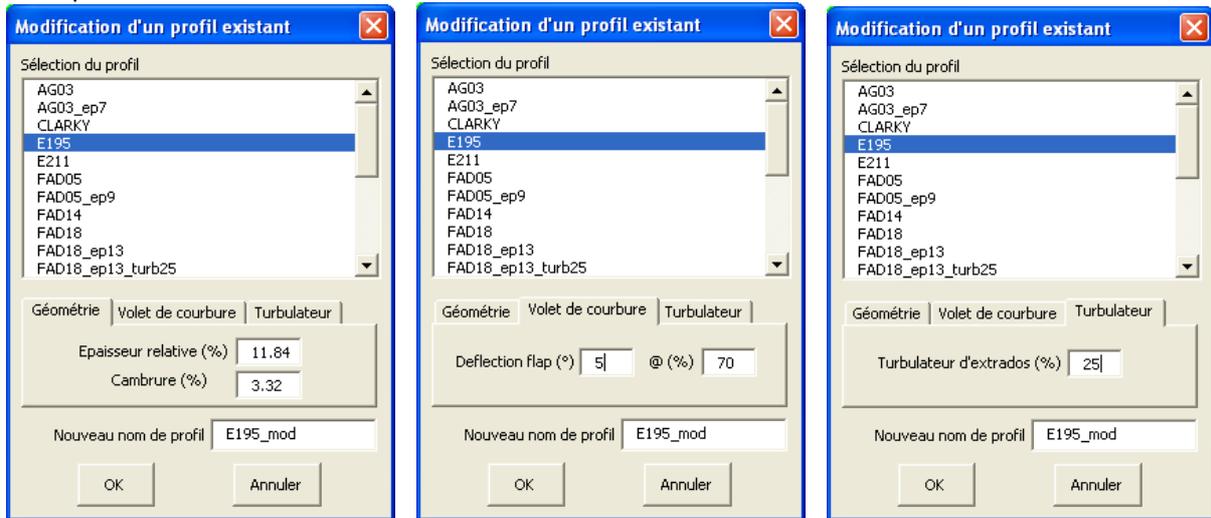
Pour télécharger des profils :

[http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord\\_database.html](http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html)

<http://tracfoil.free.fr/airfoils/index.html>

## Modification d'un profil existant :

Trois possibilités sont offertes :



A chaque fois, des valeurs par défaut sont pré-remplies, que l'utilisateur pourra modifier en fonction de ses besoins. On prendra soin d'utiliser des noms de profil modifiés synthétiques et faciles à identifier. Voici une proposition d'ajout au nom du profil de base :

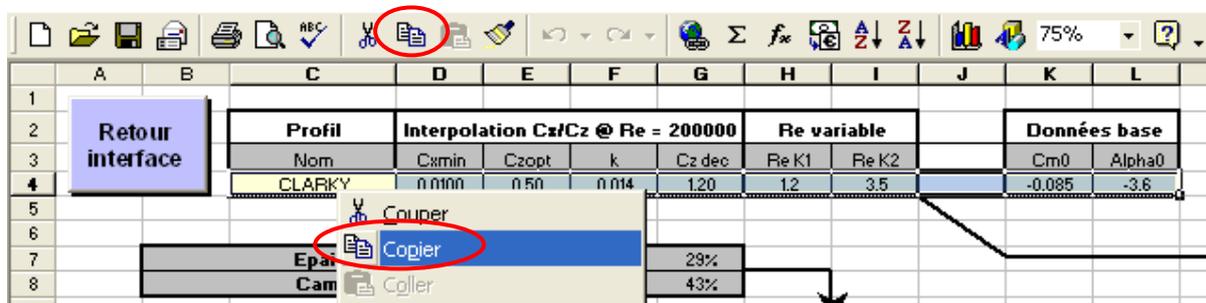
- `_ep13` pour épaisseur modifiée à 13%
- `_cb28` pour une cambrure modifiée à 2.8%
- `_turb25` pour un turbulateur positionné à 25% de la corde
- `_flp0570` pour un flap positionné à 70% de la corde et braqué de 5°

On peut bien sûr cumuler les modifications, de manière séquentielle en modifiant un profil modifié et ainsi de suite. Par exemple : `FAD18_ep13_turb25`.

Après avoir validé la modification, le processus de création de la fiche profil et de calcul Xfoil est lancé. Un fichier `.dat` du profil modifié est aussi généré.

### 4.5 Intégrer les paramètres profil dans PredimRC

Aller dans la fiche profil pour sélectionner les cellules suivant l'exemple ci-dessous, puis soit « clic droit » de la souris et « copier » soit clic sur le bouton de copie :



Après avoir lancé PredimRC, se positionner sur l'onglet 1 (Profils), cliquer la cellule qui recevra le nom du nouveau profil, puis coller les données soit avec un « clic droit » puis « coller », soit avec le bouton de collage :

Pré-sélection des profils

Base de données profils

Estimation Reynolds moyen de vol

Envergure (m) 1.8 → 162000  
Surface (dm²) 30  
Vitesse moyenne (km/h) 50

Profils sélectionnés  
Générique Début  
Générique Polyvalent  
Générique Rapide

Profils	Interpolation Cx/Cz @ Re = 200000				Re variable		Données de base	
	Camin	Czopt	k	Cz décroch	Re K1	Re K2	Cm0	Alpha0
Générique Micro/F3K	0.0080	0.20	0.011	1.05	1.8	3.5	-0.046	-2.5
Générique Début	0.0100	0.50	0.014	1.20	1.2	3.5	-0.085	-3.6
Générique Polyvalent	0.0090	0.25	0.011	1.00	1.4	3.0	-0.058	-2.5
Générique Rapide	0.0085	0.10	0.007	0.75	1.6	2.7	-0.025	-1.3
Générique Volage	0.0090	0.05	0.010	0.90	1.5	3.0	-0.010	-1.0
Générique AileVolante	0.0087	0.00	0.008	0.85	1.5	3.0	0.005	-0.5

Rappel polaires 2D profils (Re = 750k, 200k, 100k)

Couper  
Copier  
Coller  
Collage spécial...

Pour finir, sélectionner les trois profils qui seront utilisés dans tout le reste de PredimRc :

Estimation Reynolds moyen de vol

Envergure (m) 1.8  
Surface (dm²) 30  
Vitesse moyenne (km/h) 50 → 162000

Profils sélectionnés

- ClarkY
- E195
- FAD05\_cp3

#### 4.6 Optimiser l'allongement (optionnel)

Cette étape est facultative si on ne recherche pas la performance en terme de finesse. Cette zone de PredimRC est donc volontairement indépendante du reste du logiciel (hormis les polaires profils). A noter que la finesse n'est pas l'apanage des planeurs : sur un avion, une bonne finesse se traduit par une moindre puissance nécessaire pour voler à une vitesse donnée.

La recherche de l'allongement optimal repose sur deux phénomènes antagonistes :

- Réduire l'allongement augmente la corde profil, donc son Re, et la traînée profil diminue.
- Augmenter l'allongement diminue la traînée induite.

Ce calcul ne dépend que de l'aile, les contributions du stab ou du fuseau dans les polaires ne créant qu'un offset sans influence sur l'allongement optimal.

En premier lieu, il faut saisir les données d'entrée avec les hypothèses de travail émises en 4.1 :

Optimisation de l'allongement

Données d'entrée

Surface estimée (dm²) 31  
Masses estimées mini / maxi (g) 700 / 1000  
Charge alaire estimée (g/dm²) 22.6 / 32.3

Sélection de l'allongement

Cz de vol à optimiser 0.35  
Allongement optimal correspondant 12  
Envergure (mm) 1929  
Corde d'emplanture (mm) 204

Impact de l'allongement en virage serré

Vitesse en virage (km/h) 80  
Cz aile en virage 0.8  
Angle du virage (°) 180  
Rayon de virage (m) 4.4 / 6.2  
Distance parcourue en virage (m) 13.7 / 19.6  
Effort sur les ailes (kg) 8.1

Vitesse de vol (km/h) / Cz aile

Potentiel finesse max aile / Cz aile

Finesse aile en virage serré / allongement

Allongement optimal / Cz aile

Finesse aile (à l'allongement choisi) / Cz aile

Ensuite, on cherche le  $C_z$  de vol (courbe en haut à gauche) correspondant à la vitesse estimée en 4.1, et l'allongement optimal correspondant (courbe en bas au milieu). En reportant ces valeurs dans les cellules appropriées, le curseur (en bleu) permet de vérifier graphiquement la valeur choisie. La valeur d'allongement ainsi trouvée va donner les meilleures performances de finesse pour le  $C_z$ , donc la vitesse voulue.

Pour aider au choix du  $C_z$  de vol (typiquement, 0.1 à 0.2 pour un modèle de vitesse de pure, et 0.4 à 0.5 pour un modèle voilier) et de l'allongement idéal correspondant, les deux courbes de finesse à droite donnent les informations suivantes :

- Potentiel finesse max (en haut) : chaque point de cette courbe donne la finesse maximale possible pour l'allongement optimal de ce point. Cette courbe est donc une courbe à allongement variable, une sorte d'idéal théorique.
- Finesse aile pour l'allongement choisi (en bas) : c'est la courbe de finesse pour l'allongement fixé par l'utilisateur (cellule :  $C_z$  de vol à optimiser). Comparée à la courbe de la finesse maxi, elle permet de visualiser la perte de finesse due à l'allongement choisi pour tous les autres  $C_z$  que celui optimisé.

Ensuite, pour faciliter le futur dessin du modèle (onglet 3), cet allongement est traduit en envergure et corde d'implanture d'une aile elliptique (rendement optimal pour l'allongement choisi).

A l'usage des concepteurs de certains modèles de compétition (60pouce, F3F, F3B, F3D), qui doivent à la fois aller vite en ligne droite et tourner serrer sans perte de vitesse, PredimRC permet de quantifier la finesse en virage, ainsi que les distances parcourues pendant cette phase (à comparer avec la distance parcourue en ligne droite). Le graphique « finesse aile en virage serré » donne ainsi l'évolution de la finesse en fonction de l'allongement, pour les conditions de virage saisies juste au-dessus (vitesse et  $C_z$  aile). Le curseur bleu indique graphiquement la finesse retenue précédemment. Ces indications permettent au concepteur de pondérer l'allongement optimal, afin de trouver le meilleur compromis entre finesse en palier et finesse en virage. Généralement, un  $C_z$  d'optimisation de 0.3 donne de bon résultats.

**NOTA : l'optimisation de l'allongement peut conduire à vouloir utiliser des allongements importants. Il faudra alors s'assurer de la résistance mécanique des ailes avec la technique de construction appropriée. A cet effet, PredimRC indique l'effort que doivent supporter les ailes en virage serré (ou en ressource, au poids du modèle près).**

*Dans notre exemple, le  $C_z$  de vol de 0.35 est choisi pour l'optimisation de l'allongement. Suivant la masse (700 ou 1000 g), la finesse sera ainsi optimisée pour des vitesses de vol d'environ 40 à 50 km/h, pour le profil FADS05-9% qui présente une finesse meilleure pour ce  $C_z$  que les autres profils. L'allongement optimal correspondant sera 12, avec une corde d'implanture d'environ 200 mm pour une envergure d'environ 1,90 m.*

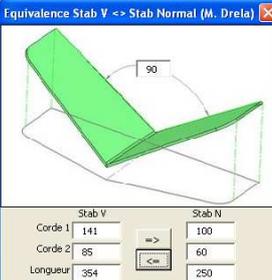
#### **4.7 Dimensionner et régler le modèle**

La créativité peut ici s'exprimer librement, à condition de respecter quelques règles simples :

- Si la finesse est un critère de dimensionnement, il faut que l'allongement se rapproche de l'allongement elliptique (calculé à partir de l'envergure et de la corde d'implanture) et de l'allongement optimisé en 4.6. Voir aussi le coefficient d'Oswald en 4.8 qui donne une indication plus fine du rendement de l'aile.
- Les dimensions et la forme du fuselage ont un impact non négligeable sur les performances et le centrage.
- Pour les modèles à stabilisateur, le volume de stab est une donnée très importante, elle conditionne la capacité du modèle à évoluer aux grands angles.
- Attention aux géométries trop alambiquées. Souvent, une conception simple et élégante est un bon indice de conception correcte...

Voici l'interface de saisie de la géométrie, par élément fonctionnel :

Aide pour la conversion stab en V / stab normal

Equivalence Stab V <-> Stab Normal (M. Drele)
 

### Aile

(mm)	Trapèze 1	Trapèze 2	Trapèze 3	Trapèze 4	Trapèze 5
Corde maxi	200	0	0	0	0
Corde mini	120				
Longueur	950				
Flèche BA	80				
Vrillage (°)	0	0	0	0	0
Dièdre (°)					
V (km/h)	Re Emplanture	Re Saumon	Re Corde Moy.	Profil FAD05_ep3	
20	77778	46667	63519		

Surface totale (dm <sup>2</sup> )	30.40
Corde moyenne (mm)	163.3
Envergure (mm)	1900
Allongement	11.88
Allongement elliptique	12.07
Foyer aile (mm)	77.5
Cm0 profil	-0.046
Alpha 0 profil (°)	-2.5

### Stabilisateur

(mm)	Trapèze 1	Trapèze 2	Trapèze 3	Trapèze 4	Trapèze 5
Corde maxi	120	0	0	0	0
Corde mini	80				
Longueur	300				
Flèche BA	40				
Levier de stab	600	Hauteur (mm) -20		Profil Biconvexe épais	
Ouverture (°)	90	Dérive (dm <sup>2</sup> ) 4			

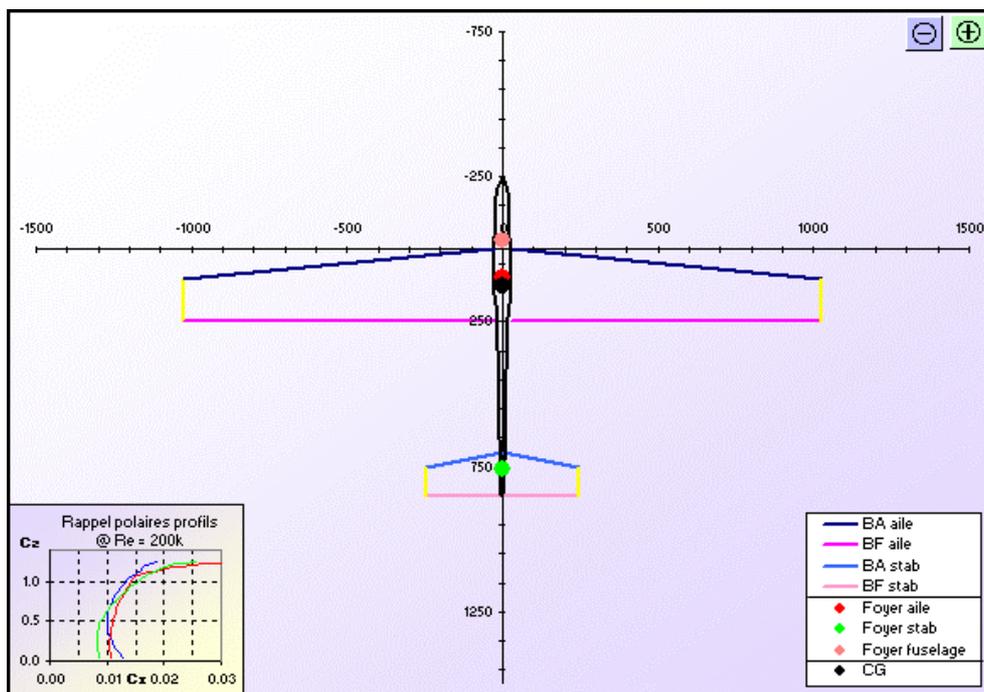
Surface totale (dm <sup>2</sup> )	6.00
Corde moyenne (mm)	101.3
Envergure (mm)	600
Allongement	6.00
Allongement elliptique	6.35
Foyer stab (mm)	44.0
Bras de levier (mm)	567
Volume de stab	0.48

### Fuselage

Longueur (mm)	980	Largeur (mm)	50	Forme	Profilé
Levier nez (mm)	250	Hauteur (mm)	60	Poutre	Normale

Surface mouillée (dm <sup>2</sup> )	11.9
Surface projetée (dm <sup>2</sup> )	3.4
Foyer fuselage	20%

Le dessin du modèle est automatiquement mis à jour à chaque changement de dimension. A noter que ce graphique est doté d'une échelle orthonormée permettant de restituer fidèlement les dimensions du modèle en cours de conception.



Les conventions utilisées sont les suivantes :

- toutes les dimensions sont en millimètres
- la longueur d'un panneau est toujours donnée en regardant le panneau perpendiculairement à son plan
- l'envergure est la projection des panneaux sur un plan horizontal
- un stab en V peut être affiché en vue réaliste (vue de dessus) ou mis à plat
- le levier de nez est la distance entre la pointe avant du nez et le bord d'attaque aile à l'emplanture
- la formule canard est définie par un levier de stab (distance du bord d'attaque aile au bord d'attaque stab) négatif

- la hauteur de stabilisateur (vue de côté) par rapport à l'aile est automatiquement calculée pour un stab en V (hauteur moyenne)
- l'absence d'un élément (fuselage, stab ou dérive) est simplement déterminée par l'absence de valeur dans les champs définissant cet élément

**NOTA : les dimensions du fuselage influencent sensiblement le résultat final, particulièrement concernant le centrage et les calages. Il faudra par exemple bien vérifier sur le dessin la concordance entre la forme de poutre réelle (vue de dessus) et celle affichée à l'écran, et choisir l'une des trois variantes (fine, normale, épaisse) pour être au plus proche. De même, la longueur du fuselage et le bras de levier avant doivent prendre en compte de manière intelligente les éléments rapportés en s'appuyant sur le dessin. Par exemple, dans le cas d'un moteur électrique placé en externe et de largeur (toujours vue de dessus) sensible inférieur à celle du fuselage, on débutera la mesure non pas à la pointe avant du cône ou de l'hélice mais plutôt au milieu du moteur. Le but étant d'avoir une modélisation représentative au mieux de la réalité.**

Nous pouvons maintenant passer aux réglages et contrôles du modèle, qui dépendent en partie du profil choisi pour l'aile.

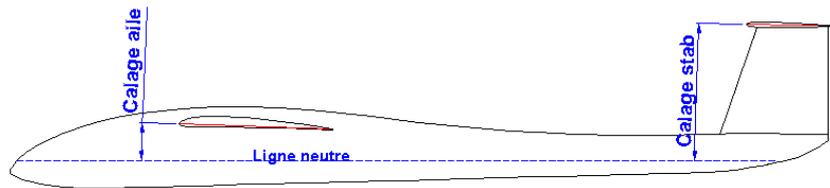
Réglages							
Marge statique	3%	Cz aile	Cz réglage	0.3	Masses (g)	1000	2000
CG	42.5%	138.8	0.29	Incidence aile (°)	0.8	Charges alaires (g/dm²)	
CG neutre	45.5%	132.7	0.24	Calage aile (°)	0.8	25.0	50.0
Cz de stab max	0.25		Vé longi. (°)	-0.4			
			Calage stab (°)	1.1			

#### Valeurs de contrôle :

- Le Cz aile pour stab neutre : cette valeur est donnée à titre indicatif, il s'agit du Cz pour lequel le centre de portance coïncide avec le CG choisi, ce qui donne un stab neutre pour ce point de vol. Elle sert de valeur de contrôle de conception, et traduit quand elle trop élevée ( $>1$ ) un stab mal dimensionné ou un fuseau trop volumineux ou mal positionné. On utilisera une valeur cible de 0.3 pour la majorité des modèles, particulièrement les planeurs pour lesquels on cherche généralement une finesse maxi autour de ce Cz.
- Le Cz de stab max : pour que le stab fonctionne bien sur toute la plage de vitesse de vol, il ne doit pas dépasser 0.3 en valeur absolue, sous peine de risquer de décrocher avant l'aile. On notera que ce Cz est très élevé dans le cas d'un canard, ce qui est inhérent à cette formule et pénalise les performances (à cause de la traînée induite de stab).

#### Valeurs de réglage :

- La stabilité est fonction du choix de la marge statique, qui doit être choisie entre 0 (modèle parfaitement neutre) et 7% (modèle très stable). La marge statique positionne le centre de gravité par rapport à la limite de centrage arrière (= foyer du modèle complet). Généralement, quel que soit le modèle, une valeur par défaut de 4 à 5% est bien adaptée pour le premier vol, sachant qu'elle sera très probablement un peu trop avant (0 à 2% de marge statique étant la norme une fois le modèle bien réglé).
- Le Cz de calage : si la marge statique n'est pas nulle, il détermine à quel Cz d'aile (donc quelle vitesse) le modèle évoluera naturellement (sans toucher les manches).
- Calage d'aile : c'est la calage de construction. Par défaut, on utilisera l'incidence d'aile correspondant au Cz de réglage pour aligner le fuselage avec la trajectoire. En d'autres termes, c'est à ce Cz que le fuselage traînera le moins. Cela présuppose de déterminer cette ligne neutre, ce qui peut être fait de manière empirique (visuellement) sur dessin comme ci-après.
- Le Vé longitudinal, donc le calage de stab, est ensuite calculé en fonction du sillage d'aile soit pour le CG neutre soit pour le CG avec marge statique (suivant la coche choisie). Dans le cas d'une machine de voltige qui une fois réglée devrait avoir une marge statique nulle, on utilisera le CG neutre.



Première constatation, le centrage et les calages (par le biais du  $C_z$  d'alignement du fuselage) sont parfaitement découplés. Cela peut choquer, mais cette approche répond à une méthodologie de réglage rigoureuse. En effet, quel que soit le modèle, l'objectif de toute mise au point est de trouver le centrage qui donne un test du piqué neutre (toujours à faire après avoir correctement réglé le trim de profondeur pour tenir le palier sans correction à la profondeur), puis ensuite d'ajuster les calages correspondants.

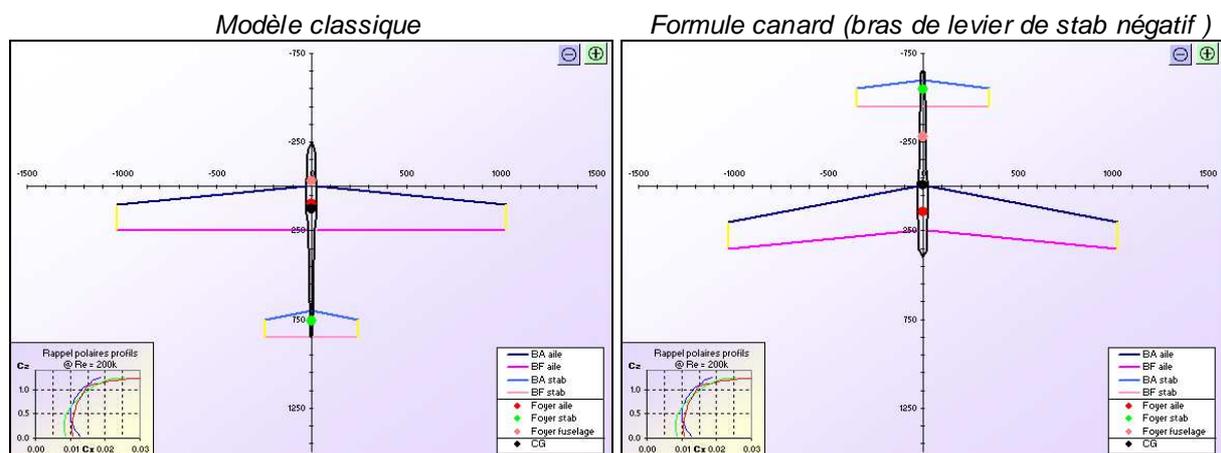
Le parti pris de PredimRc est de donner directement les calages correspondant au CG neutre tandis que l'utilisateur peut choisir en toute connaissance de cause le CG du premier vol avec une marge statique de sécurité. Cela se traduira généralement par quelques crans de trims à cabrer au premier vol, qui disparaîtront avec l'affinage en vol du centrage.

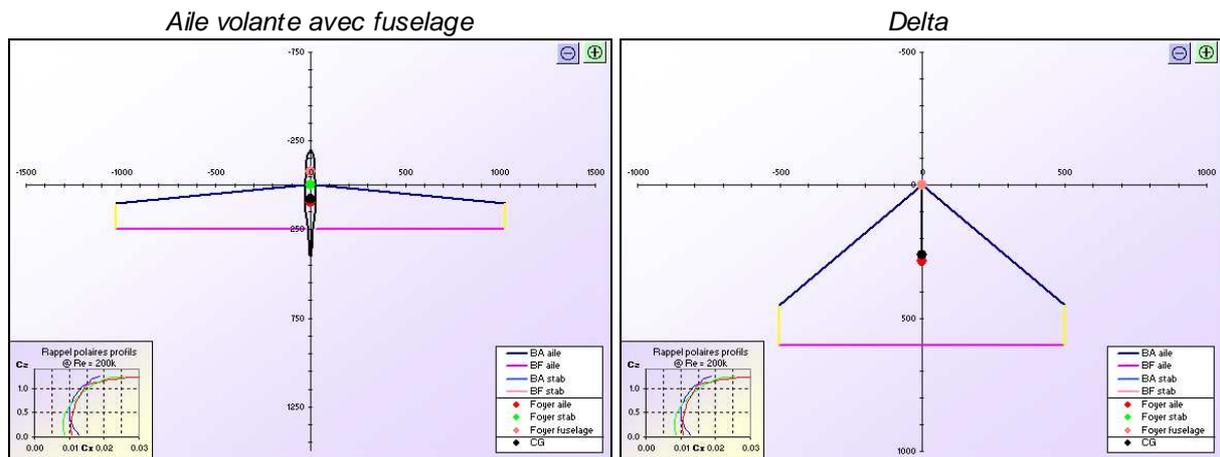
Seconde constatation, le choix du profil n'influe que sur les calages (équilibre des forces), pas sur le centrage (stabilité). Le centrage est en effet conditionné par des considérations purement géométriques (foyer du modèle complet), alors que les calages le sont par une problématique purement aérodynamique. Pour se convaincre du bien-fondé de cette position, quelques exemples bien choisis sont éloquentes :

- Le vol inversé (sur le dos) ne nécessite pas de modifier le centrage... alors que le profil est radicalement inversé dans cette position.
- Le centrage d'un appareil à stab classique et d'un canard utilisant strictement la même aile sera radicalement différent.
- Tout le monde sait qu'une aile volante se centre autour de 20% de la corde moyenne... quel que soit le profil. Soit 5% de marge statique... exactement comme pour n'importe quel appareil dans PredimRc.
- Une petite expérimentation facile à réaliser : changer la taille et/ou la position d'un stab change significativement le centrage, changer le profil d'aile ne change que le calage de l'aile.

**NOTA : à partir de la version 1.9, PredimRC intègre la formulation de T. Platon pour la prise en compte de la contribution du fuselage dans le calcul de la limite de centrage arrière. Cette limite est plus représentative de la réalité, et on peut constater qu'elle est souvent plus avant que sans le fuselage, et ce d'autant plus que le fuselage est volumineux. Cette formulation a aussi l'énorme avantage de rendre homogène la notion de marge statique pour les ailes volantes et les appareils à stabilisateurs.**

Voici quelques exemples de modèles conçus sur PredimRc, montrant clairement la position du CG en fonction de la formule aérodynamique :

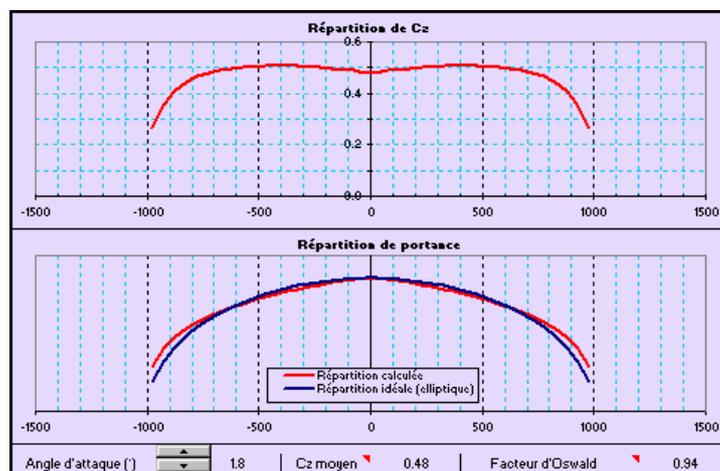




#### 4.8 Optimiser la géométrie de voilure (aile / stab)

PredimRC intègre un calcul de répartition des  $C_z$  et de la portance, utilisant la méthode VLM (Vortex Lattice Method, développé sur Excel par John Hazel). Le principe consiste à segmenter l'aile ou le stab en plusieurs petits panneaux (40 ici), et d'analyser les interactions entre chaque panneau. Il s'agit d'un calcul par éléments finis tel qu'utilisé par les logiciels de calculs industriels (RDM, thermique, écoulement, ...), ici en 2D.

Avant de lire la suite, il faudra bien faire la distinction entre  $C_z$  et portance : le  $C_z$  est un coefficient, la portance est une force (voir paragraphe 3.2).



On utilise ces graphiques de la manière suivante, en faisant varier le  $C_z$ \_voilure par le biais de l'angle d'attaque de l'aile (bouton à flèches) :

- Répartition de  $C_z$  : en mettant une valeur de  $C_z$ \_voilure proche du décrochage, l'idéal est d'avoir une répartition dégradée de l'emplanture vers le saumon, afin que le décrochage se produise d'abord à l'emplanture. C'est un gage de comportement sain à basse vitesse ou lors d'un déclenché.
- Répartition de portance : idéalement, elle doit suivre une répartition de portance elliptique, qui donne la plus faible traînée induite pour un allongement donné. Bien entendu, il est souhaitable d'optimiser la répartition de portance pour le  $C_z$  de vol pour lequel on a cherché le meilleur allongement.
- Facteur d'Oswald : indique le rendement de l'aile par rapport à une aile elliptique de même surface et allongement. Sa valeur maximale (à rechercher) est donc de 1.

Deux axes d'action sont possibles pour optimiser les répartitions :

- En modifiant les cordes : la seule précaution à prendre est d'éviter de choisir une corde de saumon trop petite si le profil choisi supporte mal les faibles  $Re$ .

- En modifiant les vrillages (aile seulement) : à manipuler avec beaucoup de précautions, particulièrement dans le cas de machines pouvant aller très vite. En effet, une évolution de vrillage peut être parfaite pour un  $C_z$  de vol, mais induire une évolution de portance non homogène à d'autre  $C_z$ , ce qui peut aller jusqu'à induire des efforts trop importants pour l'aile. Un cas classique consiste à mettre trop de vrillage au saumon d'un grand planeur à fort allongement, comme c'est le cas sur certains modèles du commerce : à grande vitesse, on peut voir le bout des ailes prendre un dièdre négatif à cause des efforts de portances négatifs en bout d'aile, ce qui parfois peut aller jusqu'à une rupture des ailes.

**NOTA : si la feuille de calcul LiftRoll de John Hazel (feuille qui a donc servi de base à ces calculs) est limitée à strictement 4 panneaux, la méthode VLM utilisée par PredimRC fonctionne quel que soit le nombre de panneaux par demi-aile (1 à 5), ce qui est quand même nettement plus souple.**

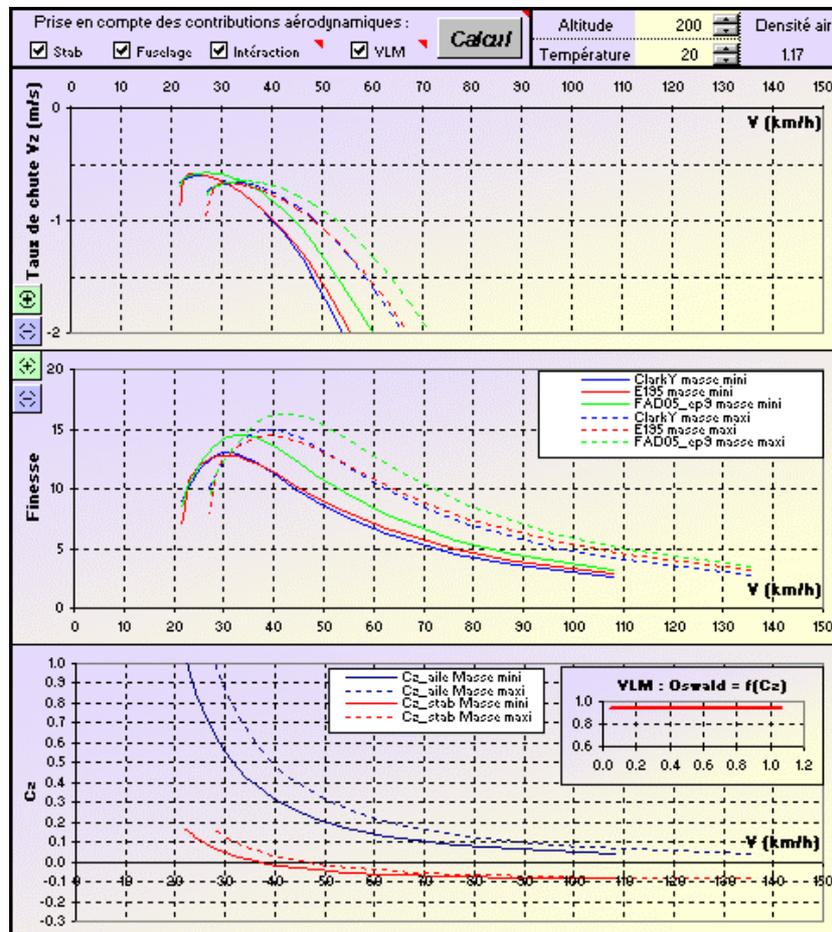
#### 4.9 Evaluer les performances de son modèle

PredimRC permet d'afficher les courbes de performance de deux manières différentes :

- courbes de référence avec une aile elliptique « idéale » de même surface et allongement que celle en cours de conception.
  - performances par la méthode VLM, qui prend en compte la géométrie complète des ailes.
- NOTA : ne pas oublier de cliquer sur le bouton « Calculs » si la géométrie change pour actualiser le calcul VLM.

Les conditions aérologiques (altitude, température) du site de vol peuvent aussi être prises en compte, ce qui montre l'impact de ces paramètres dans les performances d'un modèle.

Ces performances sont données dans les graphiques suivants (à portance constante, en fonction de la vitesse) :



Le premier graphique donne les polaires des vitesses du modèle complet, On y lit le taux de chute en fonction de la vitesse de vol. De manière pratique, dans le cas d'un planeur, on peut interpréter ces courbes comme donnant les meilleures vitesses (stabilisées) possibles pour une portance donnée. Tandis que le taux de chute mini donne la portance minimale pour ne pas perdre d'altitude.

Toujours en fonction de la vitesse de vol, la courbe de finesse est révélatrice des performances d'un aéronef. Cette courbe traduit le rapport distance parcourue / hauteur de départ. Ici, on voit que le FAD05S-9% se montre plus performant. On y constate aussi l'effet important de la charge alaire : plus on charge, plus la finesse est obtenue à une vitesse élevée, et meilleure est la finesse maxi. A l'opposé, plus on charge et plus de taux de chute mini est élevé...

La dernière courbe permet de retrouver le Cz de vol en fonction de la vitesse et de la masse, ainsi que le Cz de stab. On y trouve aussi l'évolution du facteur d'Oswald en fonction du Cz\_aile.

**NOTA : grâce aux petite coches, on peut désactiver la prise en compte les contributions du stab (comprenant aussi la dérive), du fuselage, de l'interaction entre les éléments (10% de la traînée totale), ou du calcul VLM. Cela permet de mieux comprendre l'apport de chaque élément.**

**Quant aux boutons +/-, ils agissent sur la facteur d'échelle pour améliorer la lisibilité.**

*Dans notre exemple, si on considère la vitesse de vol de 50 km/h, on peut extraire des courbes les éléments suivants :*

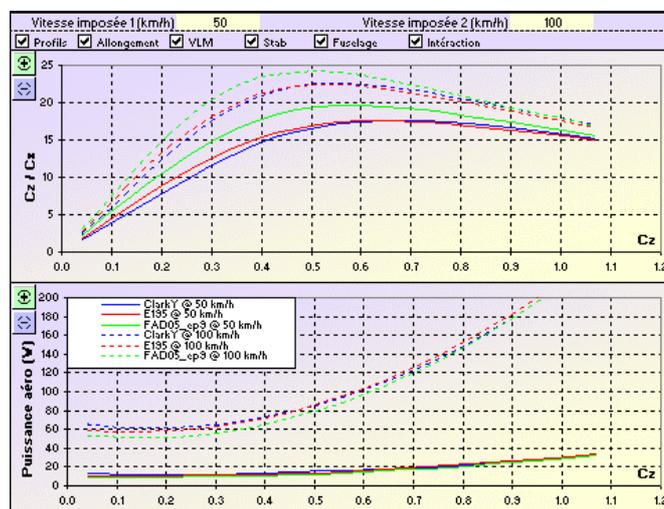
- *Suivant la masse et le profil, le taux de chute va de 1 à 2 m/s. Pour voler de manière stable, le modèle doit alors voler dans une masse d'air ascendant de même taux, ou un éventuel moteur doit fournir une puissance équivalente (=masse \* gravité \* taux de chute)*
- *Toujours suivant la masse et le profil, la finesse va de 9 à 15. Cela veut dire que, en plané, le modèle avancera de 9 à 15m pour 1 m de descente dans la masse d'air.*

*Suivant la masse, le Cz de vol correspondant à la meilleure plage de finesse va de 0,2 à 0.3.*

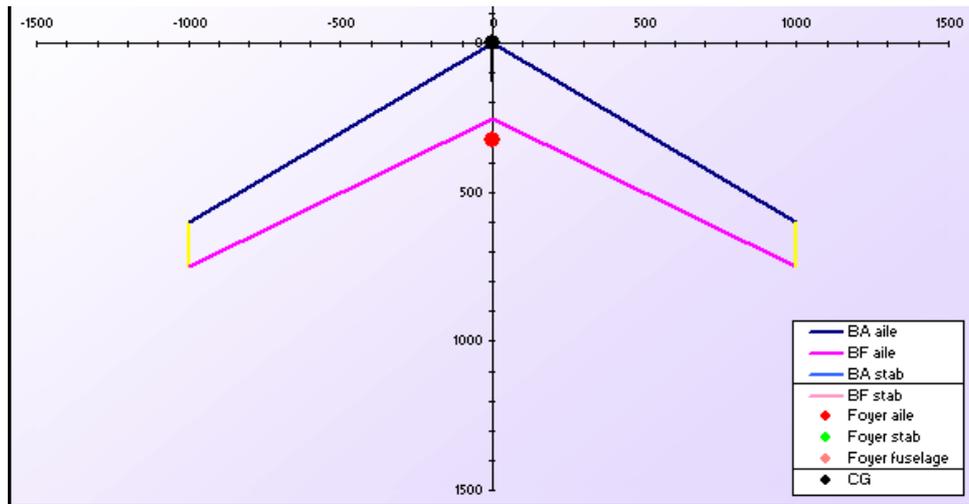
*Une autre manière d'aborder les choses : dans l'exemple, le Cz de vol choisi pour les réglages est de 0,3. En se référant au graphique Cz/V, on en déduit une vitesse de vol d'environ 41 km/h à la masse minimale (700 g), et de 52 km/h à la masse maximale (1100 g). Ces vitesses sont celles vers lequel le planeur tendra naturellement une fois les manches lâchés, on peut donc les assimiler à des vitesses de meilleur confort de pilotage.*

*Cela est très intéressant pour un planeur de performance que l'on ballaste suivant les conditions météo : en ballastant, la finesse augmente ainsi que la vitesse de vol, sans qu'il y ait besoin de changer les réglages.*

Un autre type de graphique, à vitesse (donc Reynolds) constant renseigne sur l'évolution de la traînée en fonction du Cz (donc du rayon de virage), via la finesse et la puissance aérodynamique dissipée. C'est une aide précieuse pour la comparaison de modèles de course aux pylônes pour avoir dans le même graphique la condition de ligne de droite et la condition de virage.



L'onglet géométrie comprend aussi un calcul de vrillage d'aile volante, permettant d'utiliser des profils non auto-stable. Attention, ce principe ne fonctionne qu'avec de la flèche.



**Vrillage aile volante (Panknin)**

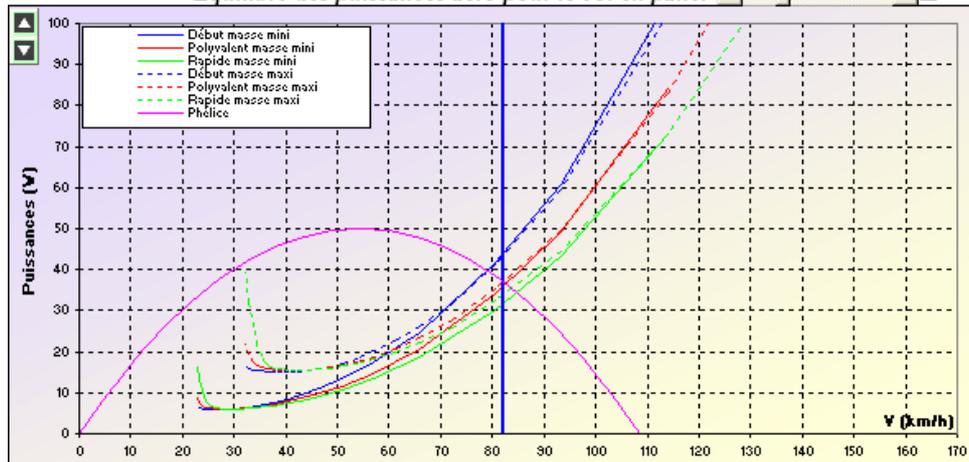
Profils		Cm0	Alpha0	Cordes	Marge statique	3%
Emplanture	MH43	-0.025	-1.3	250	Cz de réglage	0.3
Saumon	MH22	-0.017	-1.1	150	Flèche aile 1/4 corde (°)	29.9
					Effilement	0.60
					Vrillage saumon (°)	-2.5

#### 4.10 Dimensionner la propulsion

Ce dimensionnement ne nécessite que des valeurs d'entrées classiques, à saisir dans l'interface ci-dessous :

Accu		Moteur		Hélice		Vitesse palier (km/h)	
Type	A123	Type	Brushless	Qualité	Haute	82	
Nbre éléments	3	Qualité	Moyenne	Diamètre (")	7.00	Vitesse ascensionnelle à masse mini (m/s)	
Capacité (mAh)	1100	I (A)	15	Pas (")	5.00	4.1	
Tension (V)	8.4	Réduction 1:	1.00	Régime (tr/min)	12121	Vitesse ascensionnelle à masse maxi (m/s)	
Décharge (µC)	14	KV (tr/min/V)	1698	T statique (g)	678	1.7	
						Temps moteur (min)	
						4.2	

**Equilibre des puissances aéro pour le vol en palier**

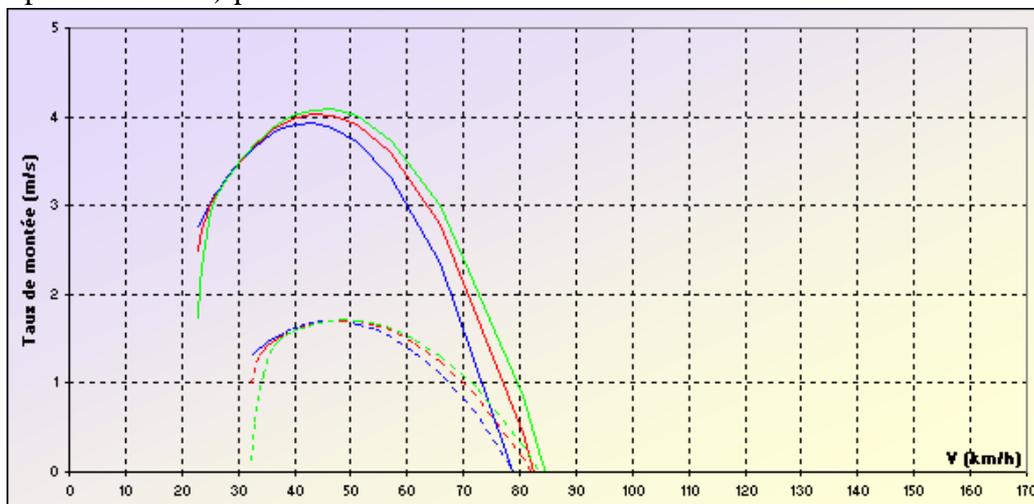


La recherche de la vitesse de vol au moteur (en palier stabilisé) est plus originale : PredimRC met en regard (voir graphique ci-dessus) la puissance aéro dissipée par le modèle avec la puissance transmise par l'hélice, le tout en fonction de la vitesse. Cette dernière est nulle au

sol (traction maxi mais vitesse nulle) et quand la vitesse du modèle correspond au régime à vide du moteur (traction nulle). Le point d'intersection des courbes donne cette vitesse de vol en palier. Cette méthode est particulièrement pertinente, à la condition de bien connaître le KV de son moteur. Comme pour les autres courbes de performances, on peut afficher les puissances dans le cas d'une aile de référence elliptique ou avec le calcul VLM (plus juste).

**NOTA : cette nouvelle méthode de calcul de la puissance est plus pertinente que celle utilisée sur les V2.35 ou précédentes (puissance hélice évoluant linéairement) à basse vitesse. Tout particulièrement, elle permet de mettre en évidence le second régime caractéristiques des avions faiblement motorisés : en-dessous d'une certaine vitesse, la puissance moteur est plus capable de compenser la traînée de l'appareil.**

Un second graphique permet de calculer finement le taux de montée sous la forme (puissance hélice – puissance aéro)/poids :



*Dans l'exemple, la vitesse de vol plein gaz en palier est d'environ 82 km/h et le taux de montée maximum est de 1.7 à 4.1 m/s suivant la masse de l'appareil. On peut remarquer que, à ce niveau de puissance assez modeste, le profil d'aile et la masse du modèle a assez peu d'importance dans le résultat.*

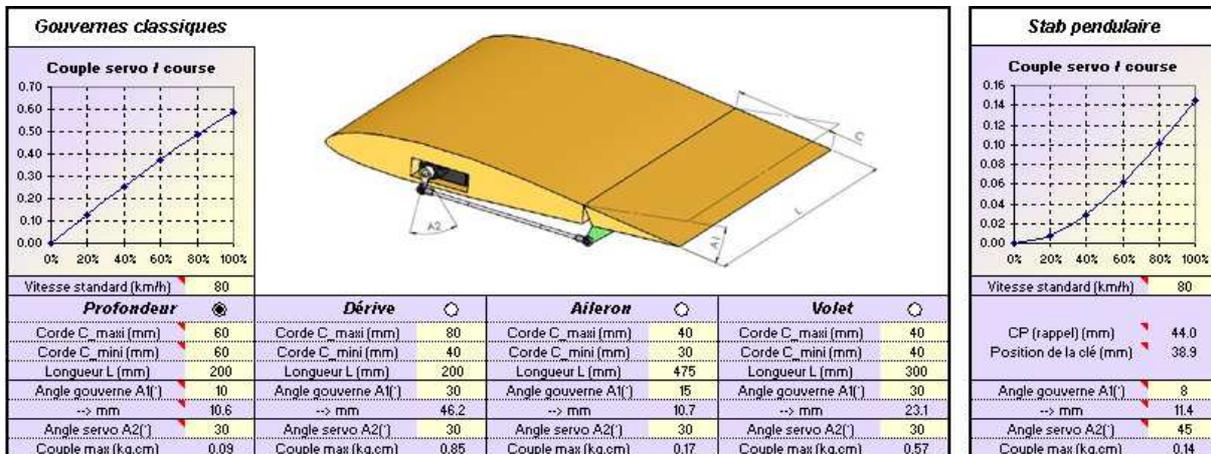
#### 4.11 Dimensionner les gouvernes

PredimRC ne gère pas cet aspect de la conception d'un modèle, mais il est bon de rappeler quelques principes de bases :

- La corde d'une gouverne dépend du profil pour obtenir le meilleur rapport efficacité/traînée. En règle générale, il s'agit de 25% de la corde du profil, mais cela peut varier de 20 à 30%. Ce choix est particulièrement sensible sur les planeurs de performance dont les volets et ailerons sont utilisés en volets de courbure, avec souvent un couplage à la profondeur pour améliorer les performances en virage serré.
- Pour les ailerons non full-span (cas très classique) : leur longueur doit être proche de la moitié de celle de l'aile, et l'aileron doit se situer au plus proche du saumon.

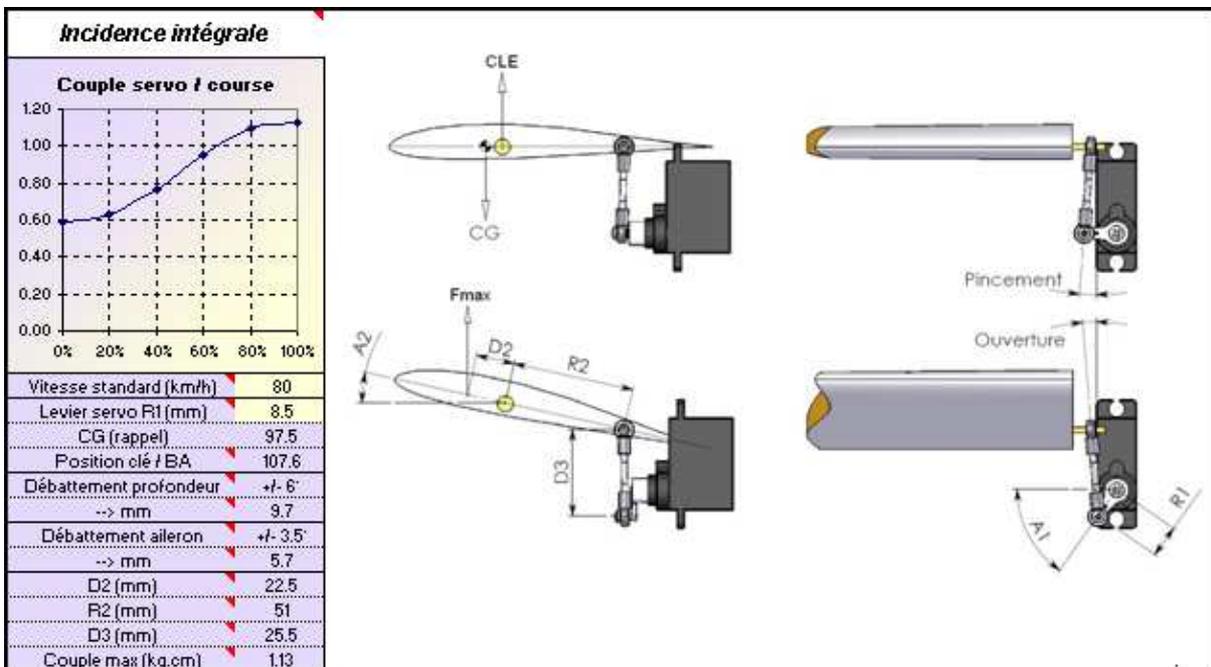
#### 4.12 Dimensionner les servos

L'interface a été voulue ultra-simple, mais complète. Si en apparence les leviers de palonnier ou de guignol semblent manquer, il n'en est rien car ces bras de leviers sont englobés dans les débattements servo et gouverne.



A noter que l'on peut aussi calculer le couple nécessaire pour piloter un stab pendulaire, avec l'hypothèse standard que l'axe de rotation se trouve 5% devant le foyer du stab (situé à 25% de la corde moyenne).

Le cas d'un système de pilotage par incidence intégrale a aussi été pris en compte, sur la base de la formalisation développée par l'auteur. Là aussi, peu de valeurs à saisir, avec une grande fiabilité de résultat. Les bras de levier sont à respecter au mieux...



Pour les deux type de gouverne, un graphique donne la courbe d'évolution du couple en fonction de la course du servo, de 0 jusqu'au débattement maxi (100%). Dans le cas des gouvernes classique, un ensemble de boutons à cocher permet de choisir pour quelle gouverne le graphique doit s'afficher. A noter que, pour les systèmes à incidence intégrale, la position neutre des gouvernes ne correspond pas forcément à un couple nul sur les servos.

**NOTAS :**

La vitesse saisie pour le calcul du couple demande quelques pincettes : il s'agit d'estimer une vitesse facilement atteinte par le modèle, notée ici « vitesse standard », et non de prendre une valeur trop élevée qui va sur-dimensionner inutilement les servos. A ce titre, quelques valeurs usuelles sont données dans le commentaire d'aide de PredimRC. De même, les valeurs de couple sont calculées au débattement le plus important, ce qui donne une certaine marge de sécurité. En effet, particulièrement à haute vitesse, les gouvernes sont très rarement utilisées à leur plein débattement. Raison de plus pour ne pas sur-évaluer la vitesse standard de son modèle.

Pour tenir compte à la fois de la tendance des constructeurs à surévaluer les caractéristiques de leurs servos et des différents efforts parasites (charnières, commandes), on utilisera un coefficient de sécurité minimum de 3 pour les gouvernes classique et de 2 pour les systèmes à incidence intégrale.

Pour le modèle de l'exemple, la vitesse standard retenue est de 80km/h. Les couples calculés sont assez classiques pour ce type de modèle : ils correspondent à des micro-servos classiques de 5g à 9g pour les ailerons et profondeur, et à un servo de 15g pour la dérive.

## **5 Conclusion**

Voilà, c'est terminé ! Pour ceux qui auront parcouru ce document de long en large, vous l'aurez compris : au-delà de l'outil, c'est une véritable méthode de conception de modèle que je vous propose ici, complète et performante. A vous de jouer...

**F.A.**