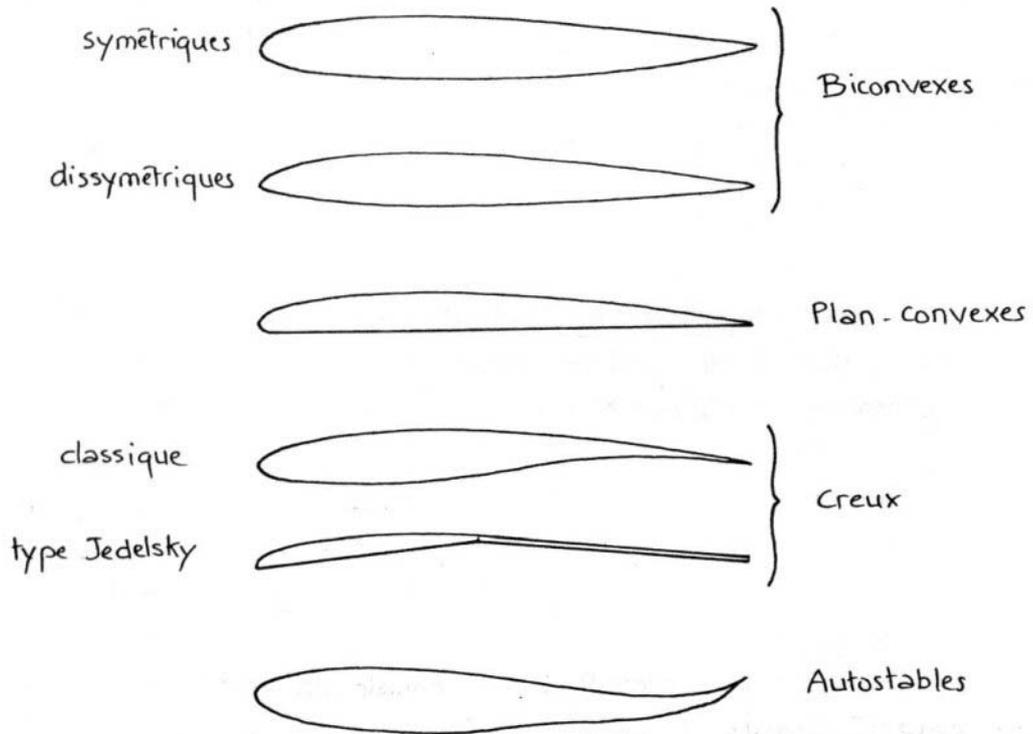
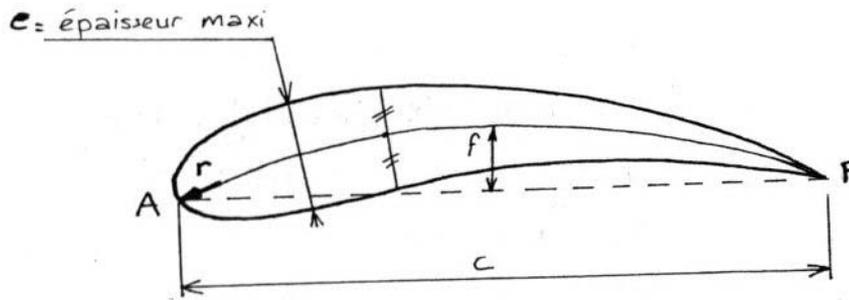


LE CHOIX D'UN PROFIL

On distingue 4 sorte de profils : les biconvexes, les plans convexes, les profils creux et les autostables.



Caractéristiques géométriques d'un profil :



- c : corde du profil
- f : flèche = écart maximum entre la corde et la ligne moyenne
- $\frac{f}{c}$: flèche relative; la position de F est donnée en pourcentage de c
- e : épaisseur maxi; sa position est donnée en pourcentage de c
- r : rayon du bord d'attaque

Choix du profil :

Le choix du profil dépend essentiellement du type de performance que l'on attend du planeur; en effet, il existe une gamme très importante de profils et il faudra , avant de déterminer le profil à utiliser, savoir si le planeur a une vocation thermique (priorité à la portance, à une vitesse de chute mini), s'il sera un planeur de vol de pente ou de voltige, où la pénétration est recherchée (priorité à une faible traînée et à une vitesse sur

trajectoire élevée), ou un planeur essayant de constituer un compromis comme c'est le cas en F3B par exemple, qui sont utilisés comme thermiques et comme planeurs de vitesse.

Pour diriger les recherches, il faut savoir que plus un profil est creux, plus il est porteur, mais plus il a de traînée (en première approximation). Ceci permet de sélectionner une plage de profils correspondant à ses désirs.

Ensuite, on peut comparer les polaires de ces profils ou plus simplement plus simplement se fier au petit $l_{a_{0.5}}$ qui, dans la presse modéliste accompagne souvent chaque planche de profils.

Ces considérations permettent de choisir un profil en fonction de ses caractéristiques et de ses performances de vol, mais le choix d'un profil fait aussi intervenir **d'autres paramètres** :

- Les difficultés de construction : il est beaucoup plus facile de construire une aile munie d'un profil dont l'intrados est plat qu'une aile adoptant un profil à l'intrados légèrement courbe qui aurait pourtant de meilleures performances (C'est pourquoi on trouve beaucoup de Clark Y sur les avions de début). D'autre part, il n'est pas toujours facile de respecter exactement un profil dont le bord de fuite est très effilé ou présentant d'autres difficultés de construction. Il faudra donc choisir en fonction de ses talents en construction et du temps que l'on veut y passer.

- Les problèmes de résistance : ils sont surtout liés à l'épaisseur relative $\left(\frac{\text{épaisseur maxi}}{\text{corde}}\right)$. Il est plus facile d'obtenir une aile résistante avec un profil d'épaisseur relative 15% qu'avec un profil d'épaisseur relative 8% (dans les calculs de résistance du longeron, la hauteur intervient en puissance 3 dans la formule de la résistance).

- Si on désire équiper l'aile de dispositifs hypersustentateurs (volets de courbure par exemple), il faut un profil qui soit conçu pour pouvoir en supporter.

- La taille du planeur, son poids influent sur le c_j du profil : on ne mettra pas un profil épais sur un petit planeur; on ne construira pas un planeur de 3m avec un Wortmann FX 61.163 (16,3% d'épaisseur relative) car le rendement sera beaucoup moins bon qu'avec un profil de plus faible épaisseur relative.

- La courbe de déplacement du centre de poussée en fonction de l'incidence peut aider à choisir un profil; en général, le centre de poussée se déplace en direction du bord d'attaque lorsqu'on augmente l'incidence. Pour certains profils, il recule avec l'incidence, ce sont les profils autostables.

Si le centre de poussée varie de façon sensible avec l'incidence, ce n'est pas bon pour la stabilité (profil plat); par contre, un profil biconvexe symétrique est très stable, son centre de poussée varie peu.

- Il faut savoir que les profils très minces induisent un décrochage brutal.

Conclusion :

nous venons d'énoncer toute une série de critères; tous ne vous seront pas utiles; il convient donc dans chaque cas particulier de sélectionner ceux qui semblent avoir le meilleur rapport avec l'étude entreprise et essayer de choisir un profil de manière à les satisfaire au mieux.

Remarques :

⊙ Les profils sont des compromis adaptés à un cas particulier : il n'existe pas de profil miracle, intégralement laminaire donnant une portance élevée, n'ayant qu'une faible traînée et décrochant en douceur; si un tel profil existait, il serait universellement utilisé.

⊙ La NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) a fait un nombre d'essais considérable sur les profils élaborés dans le monde entier. Ces essais ont été pour la plupart réalisés à de très grands nombres de Reynolds et les résultats ne sont pas tous acceptables et utilisables pour nos modèles réduits; ils permettent toutefois d'établir une liste de règles simples :

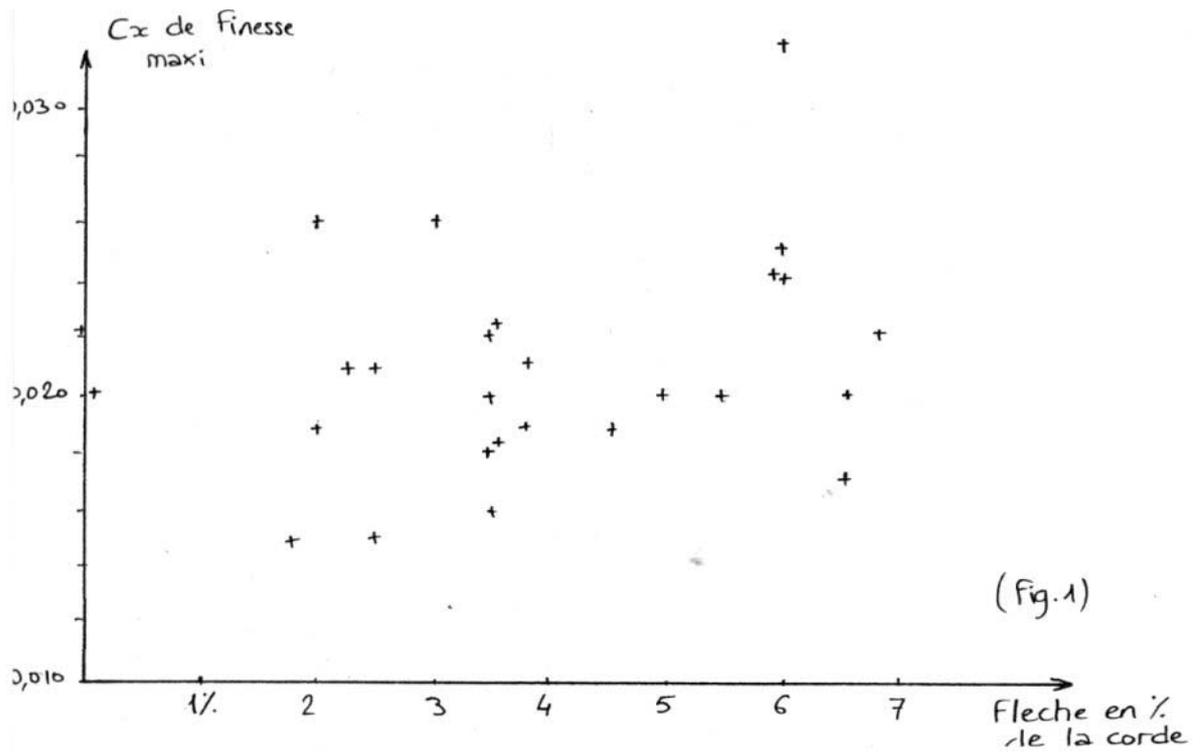
- La courbe des C_z d'un profil dépend principalement de la courbure de la ligne moyenne du profil :
Si elle est nulle (biconvexes symétriques), la portance est nulle à $\alpha = 0^\circ$. D'autre part, ces profils sont incapables d'assurer une portance élevée car ils décrochent avant d'arriver à des C_z importants ($C_z \text{ maxi} = 0,7$ à $0,8$ pour nos Re).
La valeur maxi de C_z est d'autant plus élevée que la courbure est prononcée; c'est pourquoi les profils très épais et les profils creux permettent d'atteindre une portance importante. La courbure de l'extrados est cependant limitée sous peine de décrochage et ceci limite la portance maxi de ces profils à des valeurs de l'ordre de 1,3.
- La traînée dépend principalement de l'épaisseur du profil et de la courbure de la ligne moyenne.
- Si le rayon du bord d'attaque est important, le décrochage est sans brutalité.
- Le C_x est plus fort pour un profil creux que pour un biconvexe de même épaisseur.

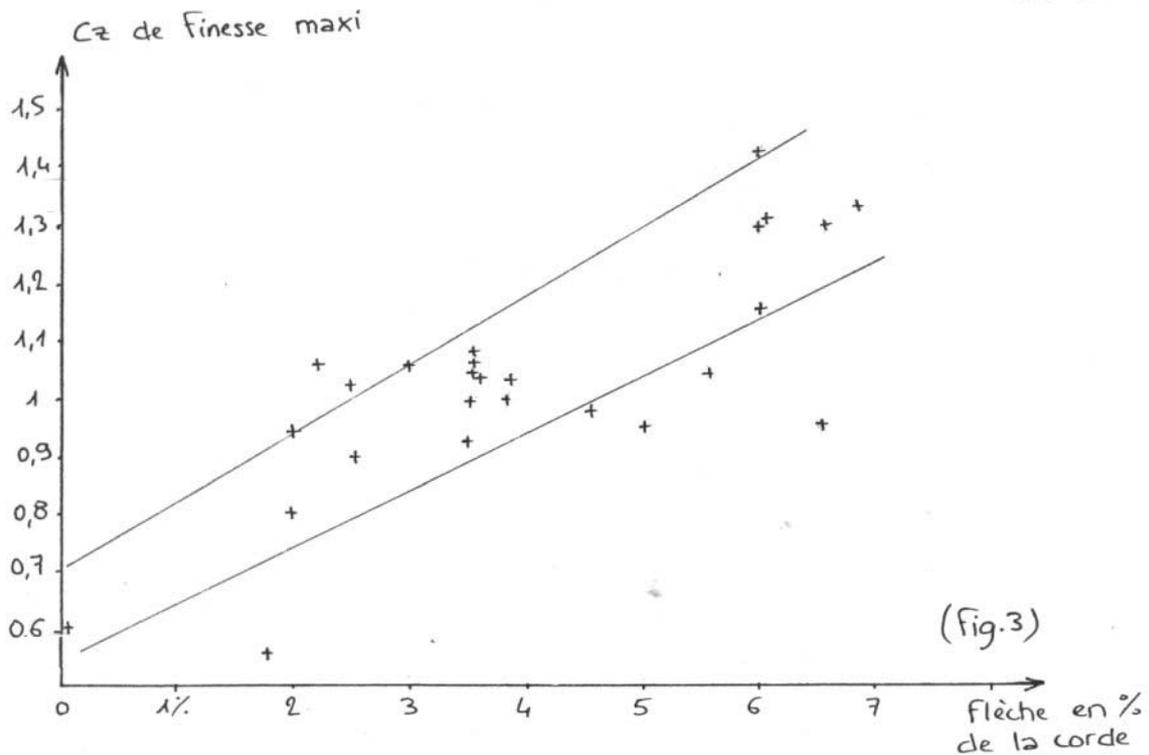
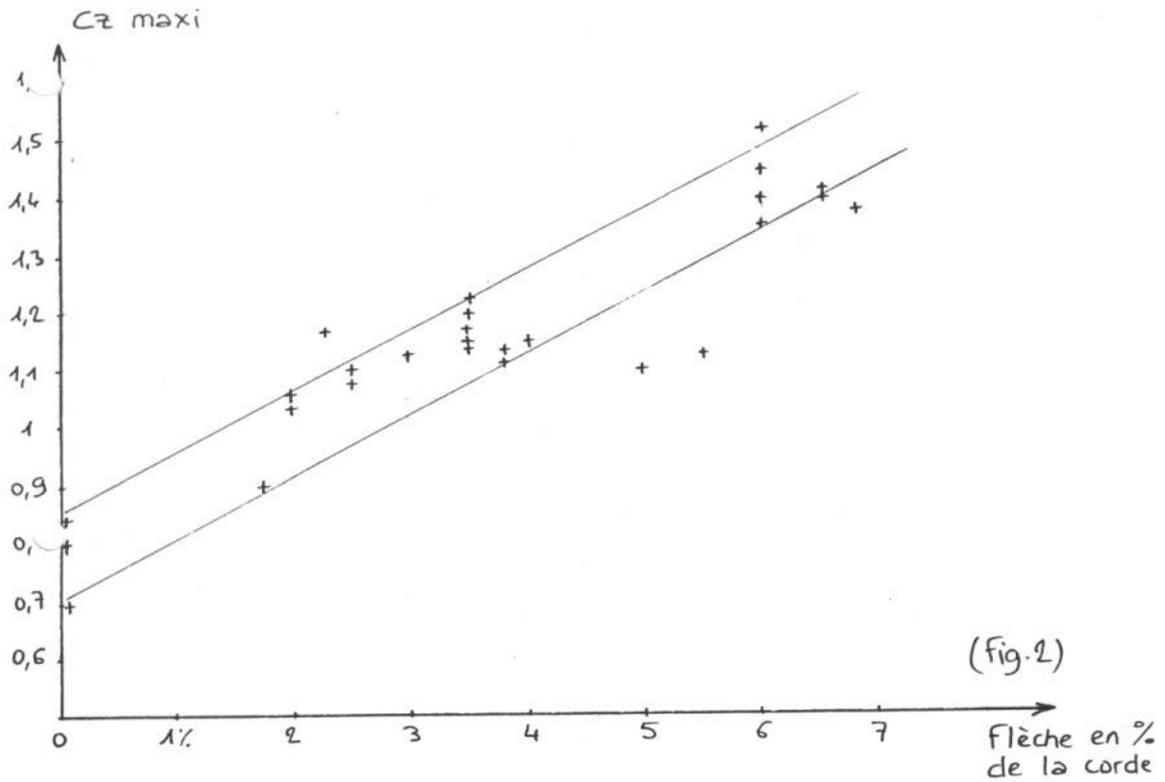
Au vu de ces conclusions, nous avons dressé un tableau de caractéristiques de quelques profils afin de tracer des courbes qui peuvent être utiles ultérieurement pour déterminer les caractéristiques de profils non étudiés en soufflerie.

Ces caractéristiques sont celles des profils considérés à $Re = 100\ 000$.

PROFIL	Epaisseur relative (en %)	Flèche relative (en %)	Cz de finesse maxi	$\frac{Cz}{Cx}$ maxi (finesse maxi)	Cx de finesse maxi	Cz maxi
FX 60.126	12.6	3.5	1.06	53	0.02	1.23
FX 60.100	10	3.5	0.93	60	0.016	1.15
FX 61.140	14	2.5	1.03	50	0.021	1.08
FX 63.137	13.7	6	1.43	45	0.032	1.52
FX 62K131/17	13.1	3.5	1.09	51	0.022	1.2
FX M2	8.25	5	0.95	48	0.02	1.11
AH 79.100 A	10	3.5	1	55	0.018	1.18
AH 79.100 B	10	6	1.3	55	0.024	1.4
AH 79.100 C	10	6.5	0.95	55	0.017	1.42
E 61	5.5	6.5	1.3	65	0.02	1.41
E 193	10	3.5	1.05	48	0.022	1.15
E 201	12	3	1.06	47	0.026	1.12
E 203	13.5	2.25	1.07	52	0.021	1.18
E 385	8.5	5.5	1.04	53	0.02	1.13
E 387	9	3.75	1.04	55	0.019	1.12
E 392	10	3.5	1.07	60	0.018	1.15
E474	14	0	0.55	25	0.022	0.8
NACA 0009	9	0	0.3	28	0.011	0.7
NACA 0012	12	0	0.6	30	0.02	0.84
NACA 4409	9	4.4	0.98	52	0.019	1.15
NACA 2415 K24	15	2	0.95	36	0.026	1.06
NACA 2412	12	2	0.8	43	0.019	1.05
GOE 795	8	2.5	0.9	60	0.015	1.1
GOE 801	10	6	1.15	45	0.025	1.45
Clark Y 5.9	6	1.75	0.55	36	0.015	0.9
Clarck Y	11.5	3.75	1	47	0.021	1.13
SOKOLOV	7	6.75	1.33	60	0.022	1.38
K2	5.2	6	1.3	55	0.024	1.37

Influence de la flèche : nous allons tracer trois courbes montrant l'influence de la flèche sur : le Cx de finesse maxi, le Cz maxi, le Cz de finesse maxi.



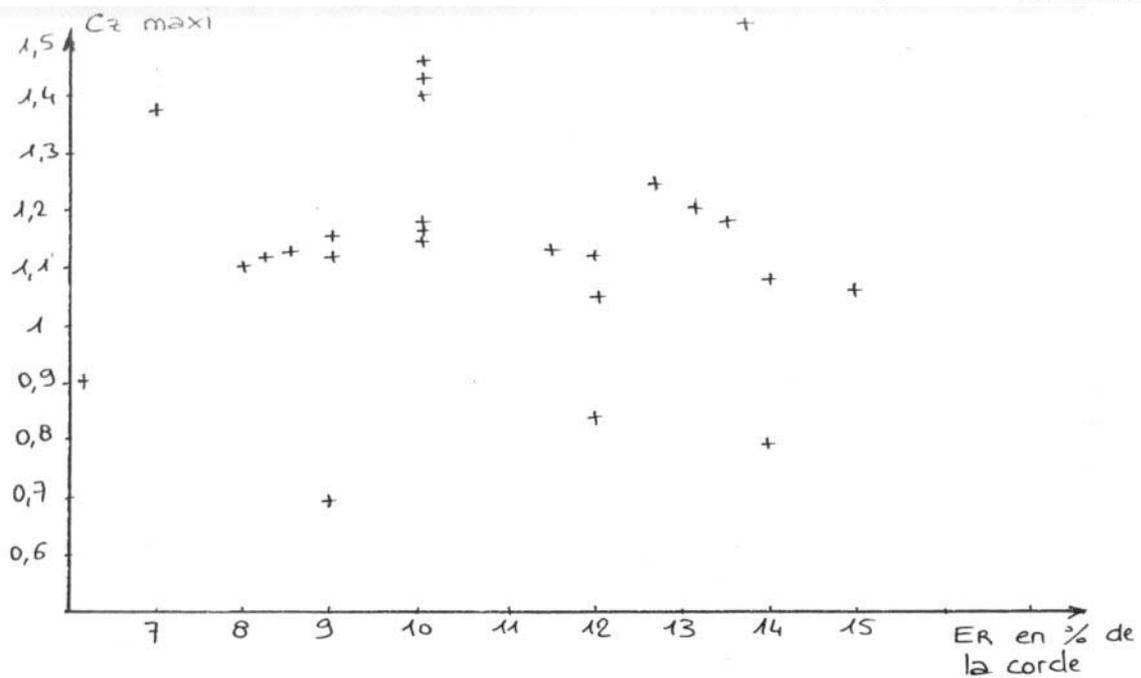
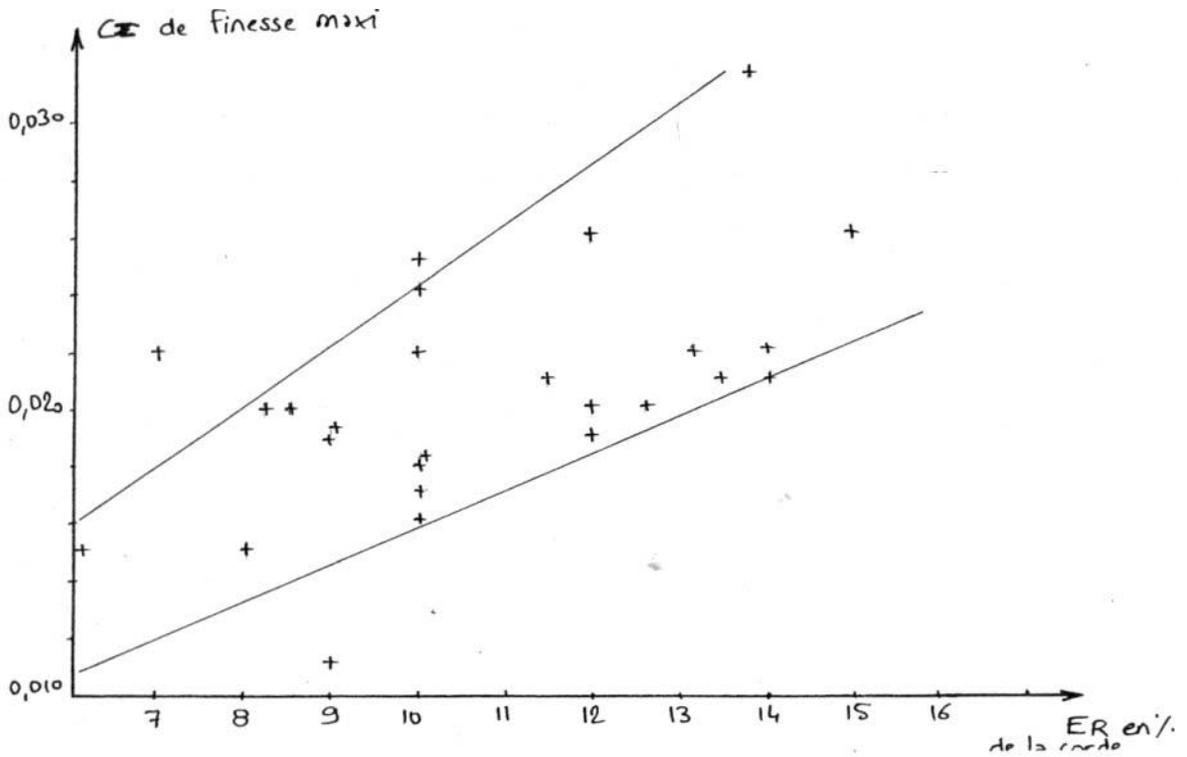


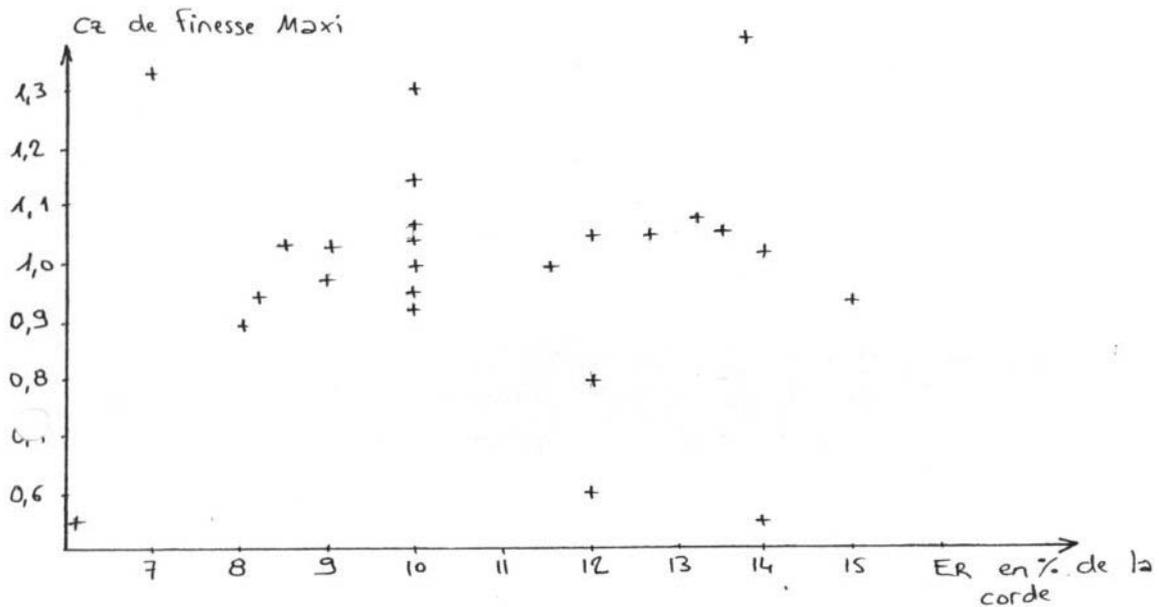
Conclusion de l'influence de la flèche sur les caractéristiques d'un profil :

- De la courbe (Fig. 1), on voit que la traînée du profil n'est absolument pas fonction de sa flèche étant donné la dispersion des points.
- De la courbe (Fig. 2), on voit que le C_z maxi croît assez régulièrement avec la flèche; ceci a permis de tracer deux droites enveloppes de la région la plus probable des valeurs de C_z maxi pour une flèche donnée (ceci permet de réaliser une bonne approximation de la valeur de C_z maxi d'un profil lorsqu'on connaît sa flèche).

• De la courbe (Fig.3), on voit que les valeurs de C_z de finesse maxi sont plus dispersées que celles de C_x maxi (ce qui est normal car la notion de finesse maxi fait intervenir le C_x et on a vu que celui-ci était quelconque); nous avons néanmoins tracé 2 droites enveloppes.

Influence de l'épaisseur relative :





Conclusion de l'influence de l'épaisseur relative sur les caractéristiques d'un profil :

- De la courbe (Fig.4), on voit que la traînée du profil augmente de façon sensible avec l'épaisseur relative.
- Des courbes (Fig.5) et (Fig.6), on voit que l'épaisseur relative n'a pas d'influence sur la portance d'un profil.

Exemple d'utilisation des courbes :

Supposons que l'on ne connaisse un profil que par sa silhouette; il faudrait avoir une idée de ses caractéristiques.

On peut mesurer à partir de la silhouette la flèche et l'épaisseur relative. Soient $f = 2\%$ et $Er = 10\%$.

- A partir de la courbe (Fig.2) on voit que le Cz maxi sera compris entre 0,9 et 1,05.
- A partir de la courbe (Fig.3) on voit que le Cz de finesse maxi sera compris entre 0,7 et 0,95.
- A partir de la courbe (Fig.4) on voit que le Cx à finesse maxi sera compris entre 0,016 et 0,024.

Ces résultats ne sont bien sûr pas certains puisque les droites tracées sur les "nuages" de points excluent quelques points, mais ils peuvent donner une indication pouvant servir de base à un premier calcul de caractéristiques du planeur.

Remarques générales sur les profils :

① Sur la forme de la ligne moyenne : le Cx est plus faible pour un profil biconvexe que pour un profil creux de même épaisseur.

② Plus le rayon du bord d'attaque est grand, moins le décrochage est brutal.

③ Il faut vérifier que le profil est compatible avec les vitesses de vol prévues.

Introduction sur les types de profils utilisés en modèle réduit et sur leur désignation :

Profils utilisés :

- ① Clark
- ② Eppler
- ③ Ritz
- ④ Wortmann, Bertin, NACA... (dits laminaires)
- ⑤ NACA non laminaires

① Simples de construction, de pilotage, de réglage.

② Les plus utilisés car spécialement étudiés pour les modèles réduits; bon rendement à faible nombre de Reynolds.

- ③ Principalement pour l'acro et les 4m.
- ④ Les laminaires étudiés en tant que tels en grandeur ne le sont pas en modèle réduit, mais semblent s'adapter aux écoulements turbulents.
- ⑤ Utilisés pour l'acro et les 4m et unanimement employés pour les stabs.

Désignation : Voici ce que signifient les chiffres qui entrent dans la désignation des profils :

Ritz 2.30.12 : 2 signifie creux (ou flèche de 2%)
30 signifie que l'épaisseur maxi se trouve à 30% de la corde à partir du bord d'attaque
12 représente l'épaisseur relative en pourcentage de la corde

FX 62 K 131 17 :FX signifie Wortmann
62 est l'année de création du profil
K signifie klappen (volets en Allemand), c'est-à-dire que ce profil est étudié pour être équipé de volets de courbure.
131 est l'épaisseur relative : 13,1% de la corde
17 est , lorsqu'il y a K, la corde du volet de courbure en pourcentage de la corde de l'aile.

E 174 : E signifie Eppler
174 est un numéro d'ordre ne donnant aucune indication.

NACA 2409 : série à 4 chiffres
2 est la flèche maxi 2%
4 est la position de cette flèche sur la corde en dixièmes \Rightarrow 40%
09 est l'épaisseur relative en % de la corde.

NACA 23012 : série à 5 chiffres
 $2 \Rightarrow C_z \text{ maxi} = \frac{3}{2} \times \underline{2}$
30 est le double de la position de la flèche en % de la corde \Rightarrow 15%
12 est l'épaisseur relative en % de la corde.

NACA 633618 : série à 6 chiffres
6 : numéro de la série
3 est la position du point de pression minimal en dixièmes de la corde
3 : étendue en dixièmes de C_z de part et d'autre du C_{zi} de la bosse laminaire
6 : valeur du C_z maxi en dixièmes (0,6)
18 est l'épaisseur relative exprimée en % de la corde