

## Relevé de la polaire d'une aile dans un tunnel aérodynamique

### Objectifs expérimentaux

- Mesurer la portance et la traînée aérodynamiques pour différents angles d'attaque (ou d'incidence).
- Construire la polaire d'une aile.
- Déterminer l'angle d'attaque qui garantit la finesse maximale.

### Notions de base

La polaire d'une aile est un graphique qui permet de relever directement les principales caractéristiques d'une surface portante. Deux forces aérodynamiques sont représentées : la traînée  $F_W$  sur l'axe des x et la portance  $F_A$  sur l'axe des y. Les angles d'attaque  $\alpha$  correspondants sont inscrits comme paramètres.

Dans cette expérience, on détermine l'angle d'attaque  $\alpha$  qui garantit le meilleur angle de pente  $\gamma$  à l'aide de la polaire d'une aile (cf. fig. 2). Le meilleur angle de pente  $\gamma$  peut être lu directement sur la polaire (cf. fig. 1). Le point de contact avec la polaire de la tangente passant par l'origine est appelé le point de finesse maximale. Pour l'angle d'attaque  $\alpha$  correspondant, le rapport de la traînée  $F_W$  sur la portance  $F_A$  est minimal.

$$\frac{F_W}{F_A} = \tan(\gamma) \quad (I)$$

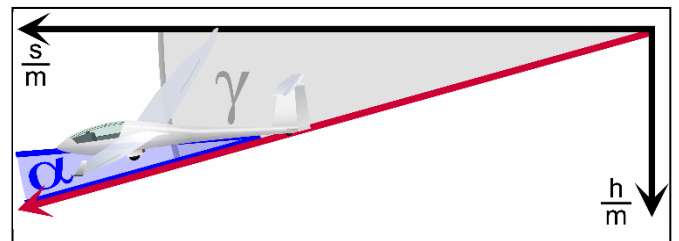


Fig. 2 Angle de pente  $\gamma$  et angle d'attaque  $\alpha$

Le meilleur angle de pente  $\gamma$  dépend de la vitesse.

La portance aérodynamique  $F_A$  est définie comme la composante de force perpendiculaire au sens de l'écoulement :

$$F_A = c_A \cdot A \cdot p_d \quad (II)$$

Coefficient de portance :  $c_A$

La surface  $A$  désigne l'aire de l'aile dans le plan horizontal pour un angle d'attaque  $\alpha = 0^\circ$ . La pression dynamique est désignée par  $p_d$ .

De même, on définit la traînée aérodynamique  $F_W$  comme la composante de force agissant dans le sens opposé au déplacement relatif d'un corps :

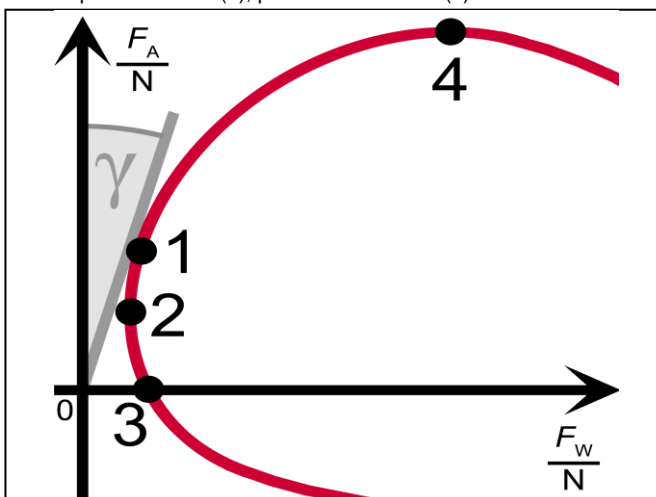
$$F_W = c_W \cdot A \cdot p_d \quad (III)$$

Coefficient de traînée :  $c_W$

L'aire de référence  $A$  est la même que pour  $F_A$ . Le coefficient de traînée  $c_W$  est ainsi défini en fonction de l'angle d'attaque  $\alpha$ .

*N. B. : la polaire classique de Lilienthal est le tracé du coefficient de portance  $c_A$  en fonction du coefficient de traînée  $c_W$ . On renonce ici sciemment à ce mode de représentation. Une polaire de Lilienthal suggère qu'elle ne dépend ni de l'échelle, ni de la surface, ni de la pression dynamique. Ces variables de mesure sont proportionnelles à la vitesse d'écoulement, à la densité moyenne de l'air et à d'autres hypothèses simplifiées. Avec le matériel de P1.8.5.6, il est toutefois ici aussi possible de construire une polaire de Lilienthal.*

Fig. 1 Schématisation de la polaire d'une aile : meilleur angle de pente  $\gamma$ , point de finesse maximale (1), traînée minimale (2), portance nulle (3), portance maximale (4)



**Matériel**

- 1 ventilateur aspirant/refoulant.....373 041
- 1 tunnel aérodynamique .....373 12
- 1 chariot de mesure pour le tunnel aérodynamique .....373 075
- 1 accessoires de mesure 2 .....373 08
- 1 dynamomètre sectoriel 0,65 N .....373 14

*En option :*

- 1 CASSY Lab 2.....524 220
- Complément nécessaire : 1 PC avec Windows XP ou version plus récente*

**Consignes de sécurité**

Veillez respecter les remarques de sécurité mentionnées dans les modes d'emploi des accessoires de mesure 2 et du ventilateur aspirant/refoulant.

Avant d'enlever la grille de protection ou la buse,

- débrancher la prise secteur et
- attendre au moins 30 secondes jusqu'à ce que le ventilateur soit totalement arrêté.

**Montage**

Assembler les appareils comme indiqué sur la fig. 3. Enfiler le côté aspiration du ventilateur aspirant/refoulant dans le diffuseur du tunnel aérodynamique de manière à ce que l'air soit aspiré à l'intérieur du tunnel. Laisser un espace libre d'env. 1 m devant la buse d'aspiration et derrière le ventilateur pour que l'air puisse être aspiré sans turbulences à travers le tunnel aérodynamique.

- Positionner le tunnel aérodynamique parfaitement à l'horizontale.

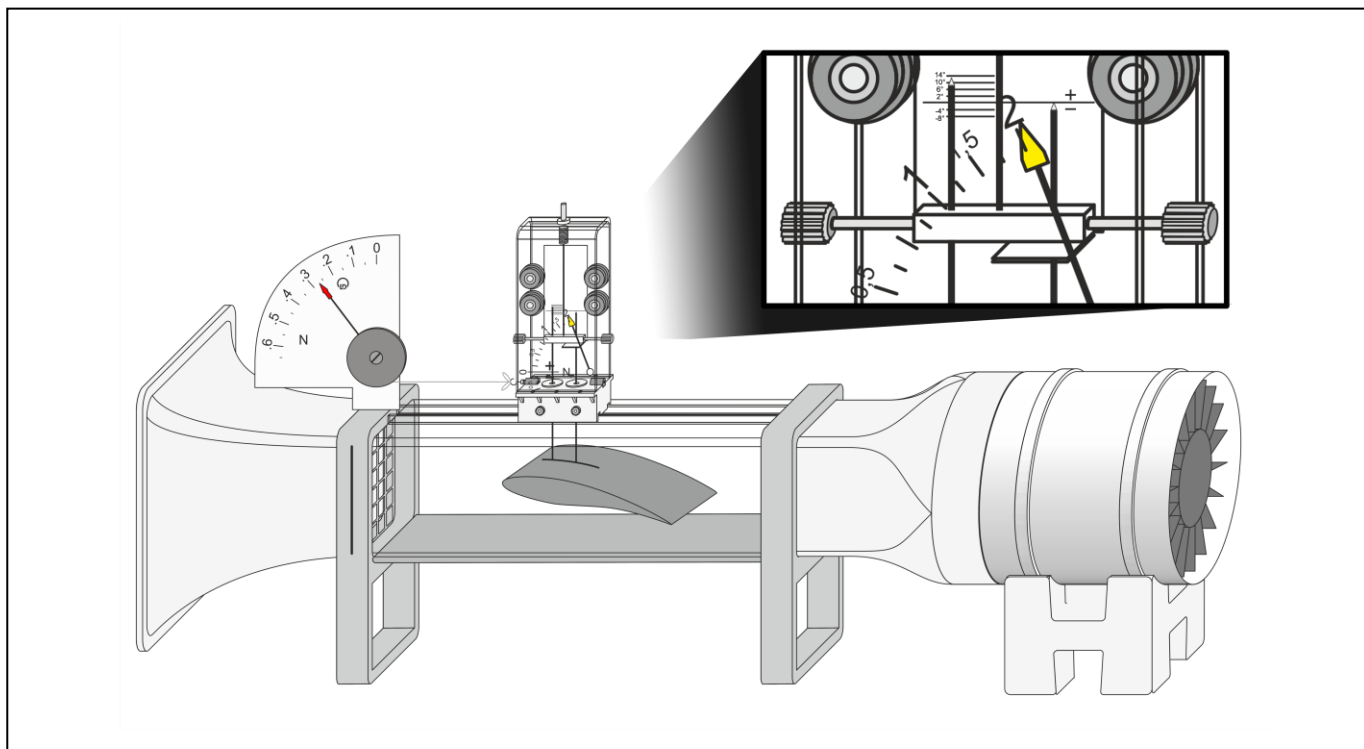
- Insérer le filtre de stabilisation (grille de protection) dans la fente de la porte d'entrée du tunnel aérodynamique.
- Monter avec précaution la balance aérodynamique sur le chariot de mesure pour le tunnel aérodynamique puis poser celui-ci sur les rails du couvercle en plexiglas du tunnel.
- Desserrer les quatre vis de fixation pour le vissage des fonds et enlever le fond plat du tunnel.
- Introduire l'aile des accessoires de mesure 2 par en dessous dans le tunnel aérodynamique et insérer les tiges de maintien à travers les trous du bloc d'accrochage de la balance aérodynamique.
- Serrer la vis moletée arrière de la balance lorsque la pointe de la tige de maintien arrière est située exactement à la hauteur de la ligne d'ajustage (cf. fig. 3, détail). Serrer la vis moletée avant pour un angle d'attaque  $\alpha = 12^\circ$  sur l'échelle d'ajustage de la balance.

*N. B. : pour la mise au point de l'angle d'attaque pendant la série de mesures, toujours desserrer seulement la vis moletée avant ! L'ajustement serait perdu en cas de desserrage de la vis arrière !*

- Tourner l'écrou moleté pour l'ajustage du zéro sur la balance jusqu'à ce que l'index qui indique la force ascensionnelle soit sur 0 N.
- Refixer le fond plat du tunnel aérodynamique.
- Fixer le cordon pour la transmission de puissance du dynamomètre sectoriel 0,65 N au crochet du chariot de mesure de façon à ce qu'il soit à l'horizontale. Il doit être plaqué contre le boîtier rainuré à ressort.

*N. B. : pour plus d'informations sur le montage, voir les modes d'emploi 373 08 et 373 12.*

Fig. 3 Montage expérimental



## Manipulation

### a) Mesure sans CASSY Lab 2

- Régler le ventilateur aspirant/refoulant sur la vitesse minimale (c.-à-d. : potentiomètre en butée gauche). Le mettre ensuite en marche.
- Augmenter lentement la vitesse du ventilateur aspirant/refoulant jusqu'à ce que la déviation du dynamomètre sectoriel 0,65 N soit quasiment maximale ou que la balance aérodynamique indique 2,2 N.

*N. B. : pour minimiser les erreurs de mesure dues au frottement, pousser délicatement le chariot dans le sens opposé à l'écoulement puis le relâcher. Si le dynamomètre sectoriel n'oscille plus, d'abord s'assurer que le cordon est encore dans la rainure du boîtier à ressort. Recommencer l'opération plusieurs fois afin de déterminer une bonne valeur moyenne.*




- Relever la traînée  $F_W$  et immédiatement après la portance  $F_A$ , puis les noter ensemble avec l'angle d'attaque  $\alpha$  dans un tableau.
- Pousser la pince des accessoires de mesure 2 entre le chariot et la balance pour ainsi fixer les tiges de maintien de l'aile.
- Légèrement desserrer la vis moletée avant et modifier l'angle d'attaque  $\alpha$  de  $-2^\circ$ .
- Resserrer délicatement la vis moletée avant et retirer la pince.
- Recommencer les quatre étapes précédentes pour d'autres angles d'attaque jusqu'à  $\alpha = -6^\circ$ .
- Reporter les valeurs du tableau dans un diagramme  $F_A(F_W)$ , relier les points de mesure et inscrire les angles d'attaque  $\alpha$  correspondants.

### b) Mesure avec CASSY Lab 2

- Lancer le logiciel CASSY Lab 2 ou l'installer si cela n'est pas encore fait.
- [Charger les paramètres dans CASSY LAB 2.](#)
- Régler le ventilateur aspirant/refoulant sur la vitesse minimale (c.-à-d. : potentiomètre en butée gauche). Le mettre ensuite en marche.
- Augmenter lentement la vitesse du ventilateur aspirant/refoulant jusqu'à ce que la déviation du dynamomètre sectoriel 0,65 N soit quasiment maximale ou que la balance aérodynamique indique 2,2 N.

*N. B. : pour minimiser les erreurs de mesure dues au frottement, pousser délicatement le chariot dans le sens opposé à l'écoulement puis le relâcher. Si le dynamomètre sectoriel n'oscille plus, d'abord s'assurer que le cordon est encore dans la rainure du boîtier à ressort. Recommencer l'opération plusieurs fois afin de déterminer une bonne valeur moyenne.*

- Relever la traînée  $F_W$  et immédiatement après la portance  $F_A$ , puis les saisir ensemble avec l'angle d'attaque  $\alpha$  dans la fenêtre CASSY Lab 2, dans le tableau « PolarDiag. ».
- Pousser la pince des accessoires de mesure 2 entre le chariot et la balance pour ainsi fixer les tiges de maintien de l'aile.
- Légèrement desserrer la vis moletée avant et modifier l'angle d'attaque  $\alpha$  de  $-2^\circ$ .
- Resserrer délicatement la vis moletée avant et retirer la pince.
- Recommencer les quatre étapes précédentes pour d'autres angles d'attaque jusqu'à  $\alpha = -6^\circ$ .

*N. B. : pour enregistrer plusieurs séries de mesures, ouvrir « Mesure » dans la barre de menus puis sélectionner  « Ajouter une nouvelle série ». Sélectionner le tableau « PolarDiag. » et cliquer une fois sur . Ouvrir la fenêtre  « Paramétrages » et marquer « PolarDiag. » dans le sous-menu « Représentations ». Cliquer sur le bouton « Ajouter une nouvelle courbe » puis sélectionner «  $F_A\#2$  » dans le menu déroulant pour l'« axe y ». Dans le menu déroulant pour l'« axe x », sélectionner «  $F_W\#2$  ».*

Exemple de mesure

$\alpha$ °	$\frac{F_W}{N}$	$\frac{F_A}{N}$
12	0,62	2,3
10	0,50	2,1
8	0,40	1,7
6	0,33	1,5
4	0,25	1,1
2	0,18	0,7
0	0,15	0,5
-2	0,12	0,2
-4	0,10	-0,1
-6	0,12	-0,4

Tab. 1 Angle d'attaque  $\alpha$ , traînée  $F_W$  et portance  $F_A$  de l'aile dans le tunnel aérodynamique

Exploitation et résultats

La tangente, soit la droite pentue passant par l'origine qui effleure la polaire imaginaire de l'aile, correspond à l'angle d'attaque  $\alpha = +6^\circ$  (cf. fig. 4).

Dans le diagramme polaire, il est maintenant possible de construire le meilleur angle de pente  $\gamma$  pour la vitesse d'écoulement donnée (tenir compte de l'échelle !). Celui-ci peut également être calculé avec l'équation (I) :

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{0,33}{1,5}\right) = 12^\circ$$

La traînée minimale est pour l'angle d'attaque  $\alpha = -4^\circ$  et non pour  $\alpha = 0^\circ$ . C'est une valeur typique pour les profils asymétriques.

Une portance nulle est générée entre  $\alpha = -4^\circ$  et  $-2^\circ$ . C'est important pour les vols paraboliques simulant l'apesanteur.

La portance maximale n'a pas encore été dépassée pour l'angle d'attaque  $\alpha = +12^\circ$ . Il ne survient pas de décrochage.

Une alternative consiste à résoudre la polaire de l'aile :

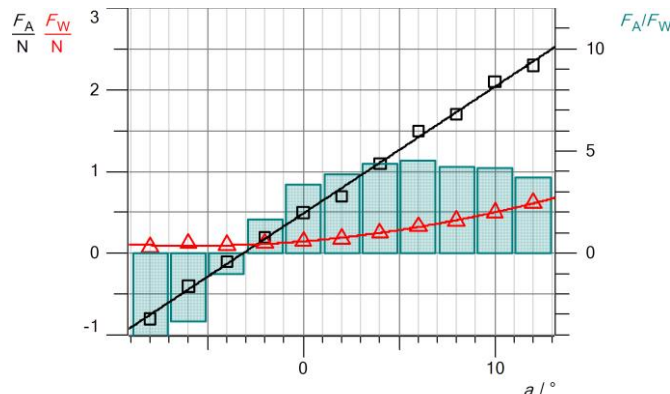


Fig. 5 Portance  $F_A$ , traînée  $F_W$  et  $F_A/F_W$  en fonction de l'angle d'attaque  $\alpha$

Fig. 4 Polaire d'une aile avec les valeurs mesurées du tab. 1

