

## MESURE DES PERFORMANCES DES PLANEURS LEGERES

par Pierre BONNEAU

### I. INTRODUCTION

L'unique mesure de performance, réalisée sur les planeurs légers, consiste à mesurer une vitesse de chute en fonction d'une vitesse sur trajectoire.

Ceci, dans toutes les configurations de vol possibles (croisière, spirale, piqué).

Les résultats sont toujours présentés sous une forme directement exploitable par le pilote, la courbe  $VZ = f(VC)$  appelée „polaire des vitesses“ ou encore „polaire d'utilisation“.  $VZ$ , étant les vitesses de chute, ramenées en atmosphère standard à l'altitude zéro, et  $VC$ , les vitesses sur trajectoire également ramenées en atmosphère standard à l'altitude zéro.

Ces mesures, très simples, sont très délicates à effectuer, à cause de l'ordre de grandeur des paramètres à mesurer.

Pour des vitesses sur trajectoire variant de 50 à 150 kmh, les pressions dynamiques à mesurer varient de 1 à 10 mb. La mesure des vitesses verticales - si elle s'effectue sur une tranche d'altitude de 200 mètres, ne met en jeu que des différences de pression de l'ordre de 20 mb vers 2.000 mètres.

Les performances des planeurs de vol à voile, présentées dans les revues, nous laissent parfois sceptiques. Il faut bien admettre que ces courbes sont souvent théoriques..... et optimistes.

Les lecteurs, pilotes de planeurs, non au courant de la difficulté des mesures, prennent presque toujours ces chiffres pour exacts.

Un chiffre particulièrement „excitant“ est celui de la finesse.

Prenons le cas d'un planeur dont la vitesse de chute à la finesse maximum est donnée pour 0m75 et la vitesse sur trajectoire correspondante 72 kmh, soit 20 m/sec.

La finesse de ce planeur serait de 26,7.

Supposons que la vitesse de chute de ce planeur soit en réalité 0m78 et la vitesse sur trajectoire correspondante 70 kmh, la finesse n'est plus alors que de 25, soit, presque 2 points de moins.

Or, pouvons-nous assurer donner des résultats de mesure aussi précis? Nous ne le pensons pas.

En France, les performances des planeurs légers sont mesurées, officiellement, au Centre d'Essais en Vol de Brétigny-sur-Orge.

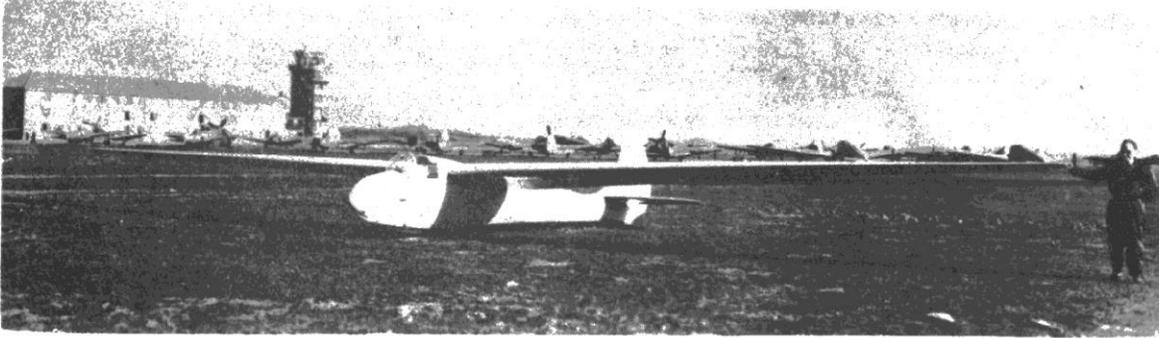
Le C.E.V. a étudié plusieurs méthodes pour obtenir rapidement, et avec le plus de précision possible, les performances des planeurs.

C'est un aperçu de ces méthodes et des résultats que l'on peut en attendre, que nous allons vous présenter.

Ces méthodes sont au nombre de huit.

- A Méthode classique à lecture directe;
- B Méthode classique enregistrée;
- C Méthode classique enregistrée et améliorée;
- D1 Méthode du palier décélééré;
- D2 Méthode de l'assiette constante;
- D3 Méthode de la reconstitution de trajectoire;
- D4 Méthode de la mesure de la trainée en vol remorqué;
- D5 Méthode du planeur étalon.

Pour connaître la valeur de ces différentes procédures, les méthodes B - C - D2 ont été



*Photo 1. Le planeur AIR 102 ayant servi aux mesures expérimentales.*

appliquées à un même planeur, dont les performances étaient, en principe, déjà connues, l' AIR 102 (voir photo no. 1).

La méthode A, n'a pas été appliquée, car elle est forcément la moins précise.

Les méthodes D1 - D3 - D4 et D5, n'ont pas été employées pour les raisons expliquées au paragraphes concernant ces méthodes.

## II. METHODES DE MESURES.

### A - METHODE CLASSIQUE A LECTURE DIRECTE.

Signalons, pour mémoire, la méthode classique à lecture directe, longtemps employée en France, mais absolument abandonnée maintenant.

La mesure des performances se faisait en chronométrant le temps de chute du planeur sur une tranche donnée d'altitude, lue à l'altimètre sensible.

La connaissance de la courbe du jour (pression et température) permettait de corriger les résultats bruts pour les amener aux résultats en atmosphère standard, à l'altitude zéro.

La vitesse sur trajectoire était simplement lue à l'anémomètre de bord, préalablement étalonné.

### B - METHODE CLASSIQUE ENREGISTREE.

En France, la possibilité de trouver des appareils permettant l'enregistrement des paramètres fondamentaux (vitesse - altitude - temps) a fait supprimer la lecture directe au profit de l'enregistrement.

Ceci présente deux avantages: la suppression des erreurs de lecture, ou de chronométrage, et la possibilité de supprimer les points pour lesquels la vitesse n'est pas parfaitement stabilisée.

Naturellement, une petite installation d'essai doit être faite sur le planeur à essayer (figure 1).

Notons, qu'un collimateur réglable, dont le pilote maintient la croisée du réticule sur l'horizon, facilite l'exécution des stabilisations (voir photo no 2).

Ce collimateur possède un réglage sur deux axes, ce qui permet également l'exécution de virages précis, à une inclinaison constante.

Cette méthode a un gros défaut: la perte d'altitude mesurée est fonction des mouvements verticaux de l'atmosphère, mouvements dont la valeur n'apparaît pas, lors du dépouillement des essais.

Chaque point de mesure, même fait en atmosphère apparemment très calme, peut donc être entaché d'une erreur, et la courbe de performance n'est qu'une moyenne estimée. Pour avoir

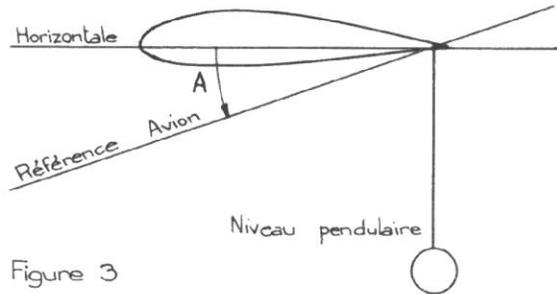
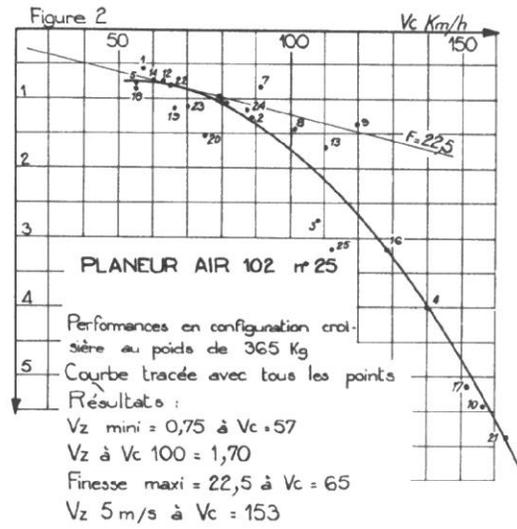
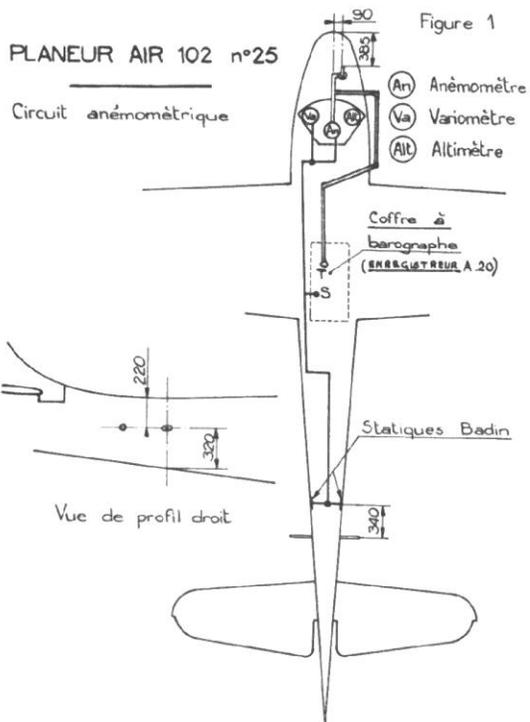


Figure 3

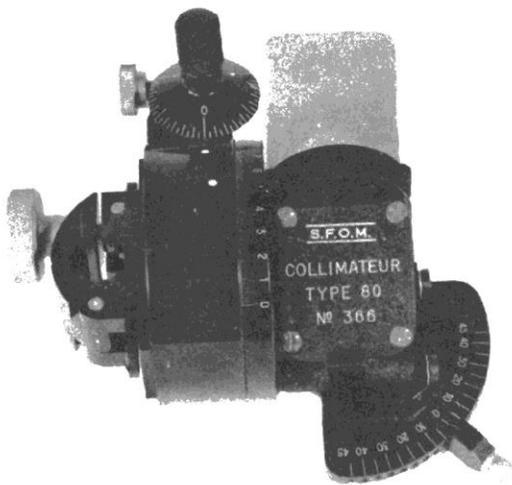


Photo 2. Le collimateur facilitant au pilote la tenue des stabilisations

de bons résultats, il faut donc beaucoup de points et les essais sont longs (figure 2).

### C - METHODE CLASSIQUE ENREGISTREE ET AMELIOREE.

En plus des paramètres enregistrés dans la méthode classique, on mesure, pendant les stabilisations, l'assiette longitudinale A du planeur, à l'aide d'un niveau pendulaire (figure 3). On dépouille les enregistrements normalement, sans s'occuper du niveau pendulaire.

Pour chaque point expérimental, on peut calculer la pente de la trajectoire,  $\sigma$ , du planeur, à l'aide de la formule:

$$\sin \sigma = \frac{v \cdot \dot{y} \cdot \sigma}{v \cdot C} \quad (\text{figure 4}).$$

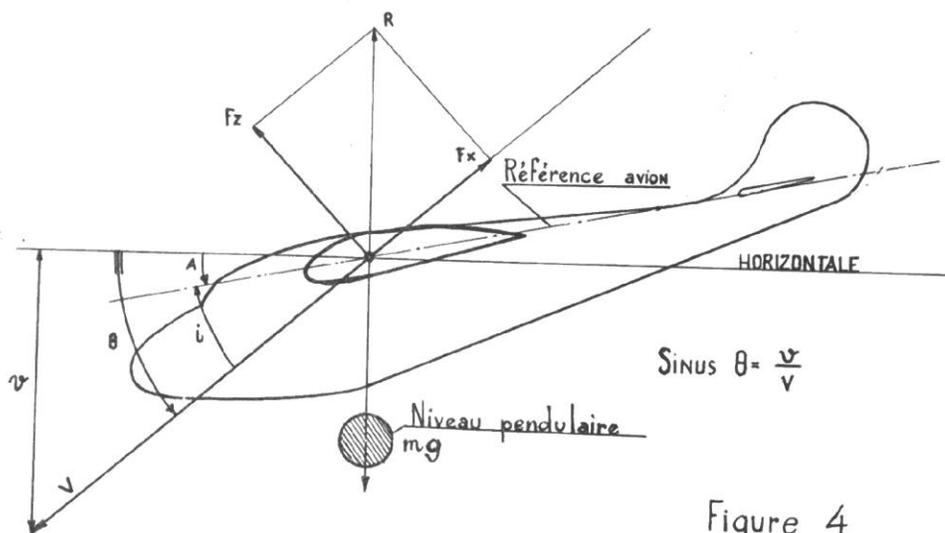


Figure 4

Pour chaque point expérimental, on peut aussi, à l'aide du niveau pendulaire, connaître l'assiette A du planeur. Connaître l'incidence est alors possible, puisque:

$$A = \sigma + i$$

Le Cz est calculable en utilisant l'équation du vol sous la forme:

$$Cz = \frac{Mg \cos \sigma}{S (p_i - p_s)}$$

On trace alors la courbe  $Cz = f(i)$ . On sait que cette courbe est une droite dans sa partie utilisable. Il est beaucoup plus facile de tracer une droite, qu'une courbe, entre des points expérimentaux.

Les  $i$  calculés sont naturellement, eux aussi, entachés d'une erreur, due aux mouvements verticaux de l'atmosphère. La courbe  $Cz = f(i)$  est néanmoins tracable avec une bonne précision (on peut calculer la pente de la courbe en connaissant le profil et l'allongement de la voilure).

La dispersion des points de cette courbe permet de se faire une idée sur les mouvements verticaux de l'atmosphère pendant les essais (figure 5).

Les points situés en dessous de la courbe sont ceux ayant été mesurés dans une descente; et ceux situés en dessus ont été effectués dans une ascendance.

Connaissant les points entachés d'une erreur, on peut les éliminer. C'est ce qui a été

fait sur la courbe de la figure 6. Si l'on compare les figures 2 et 6 (résultats obtenus avec les méthodes B et C) on constate:

1<sup>o</sup>/- Que la vitesse de chute minimum est la même et, est pratiquement obtenue à la même vitesse (VC 57 et 60);

2<sup>o</sup>/- à VC = 100 km/h, la vitesse de chute est un peu différente;

3<sup>o</sup>/- la vitesse de chute de 5 m/sec est pratiquement obtenue à la même vitesse (VC 153 et 150);

4<sup>o</sup>/- La finesse maximum est assez différente (22,5 et 24,3); pourtant cela tient à peu de chose, la vitesse de chute étant la même (0,80 m) mais obtenue dans un cas à VC = 65, et dans l'autre à VC = 70.

En résumé, les courbes sont assez comparables; notons la difficulté de mesurer la finesse avec précision.

Au lieu d'éliminer les points faux, on peut les utiliser après les avoir corrigés de l'erreur due aux mouvements verticaux de l'atmosphère. Le principe de cette correction est le suivant:

soit  $v$ , la vitesse de chute du planeur par rapport à l'air.

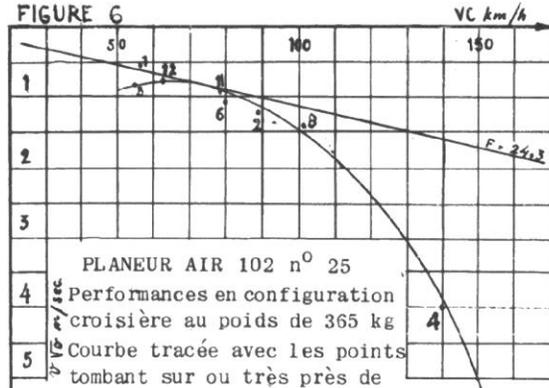
soit  $w$ , la vitesse de chute de l'air par rapport au sol (donc vitesse de l'ascendance ou de la descendance).

soit  $V$ , la vitesse sur trajectoire du planeur par rapport à l'air.

soit  $W$ , la vitesse sur trajectoire du planeur par rapport au sol.

Le barographe enregistreur, mesurant une différence d'altitude, donne un mouvement par rapport au sol.

FIGURE 6



Résultats

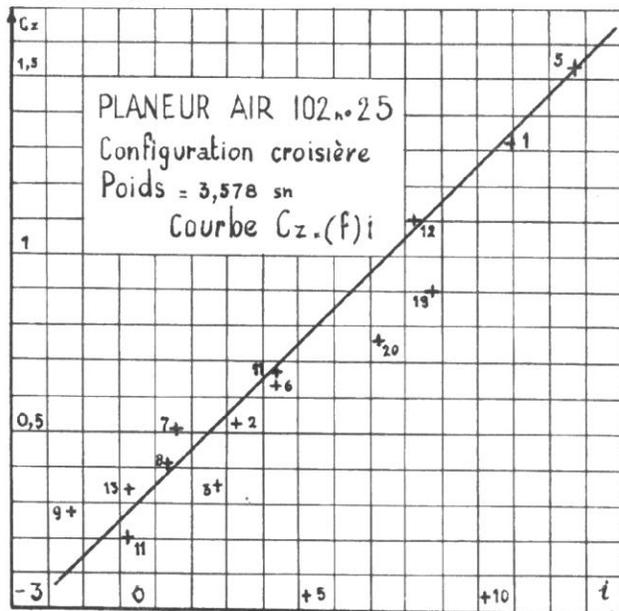
Vz mini = 0,75 à Vc = 60

Vz à Vc = 100 = 1,50 m

Finesse maxi = 24,3 à Vc = 70

Vz 5m/s à Vc = 150

FIGURE 5



L'anémomètre enregistreur (ou non) mesure une vitesse par rapport à l'air.

Ce qui conduit assimiler  $V$  à  $w$ .

On voit sur la figure 7 que les mouvements verticaux de l'atmosphère, introduisent une erreur sur l'incidence  $\Delta i$ .

Cette erreur est égale à  $\Delta i$  (radian) =  $\frac{w}{V}$

d'où:  $w = \Delta i \times V$  et:  $w \sqrt{\sigma} = \Delta i \times VC$

Sur la courbe  $Cz = f(i)$ , on peut mesurer

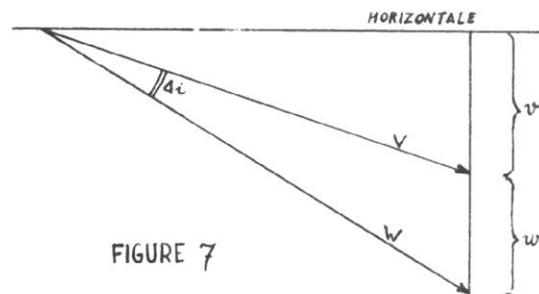


FIGURE 7

directement  $\Delta i$ .  
 w étant calculé, on peut corriger le v intéressé de cette valeur et tracer la courbe  $VZ = (f) VC$ , à l'aide des points justes et à l'aide des points faux-correctés.

Voir la courbe obtenue sur la figure 8.

Si l'on compare les figures 6 et 8, on constate que l'on peut les considérer comme identiques.

**D - AUTRES METHODES DE MESURE.**

**D1 - Méthode du palier décéléré.** Dans cette méthode, on fait parcourir au planeur en une seule évolution à pente de trajectoire constante, et horizontale, toute la gamme des vitesses, donc des incidences et des assiettes.

On a:  $A = \sigma + i$ , mais  $\theta$  étant égale à 0.  $A = i - A$ , se mesure toujours avec le niveau pendulaire.

Ce palier se fait près du sol, assez haut toutefois, pour être hors de l'effet du sol. Il faut donc un grand terrain bien nivelé (cas de la piste en dur). L'essai présente comme inconvénients, une grande difficulté de pilotage, pour tenir le palier rigoureux, et il immobilise le terrain. Il présente aussi des difficultés de dépouillement.

Cette méthode dont le seul avantage était d'être rapide, a été abandonnée.

**D2 - Méthode de l'assiette constante.** Le principe est le même, mais cette fois, c'est l'assiette qui est tenue constante, le planeur passant par toute la gamme des vitesses, des incidences et des pentes sur trajectoire.

L'exécution est plus facile, au point de vue pilotage. La procédure d'essais consiste:  
 1°/- en partant d'une vitesse inférieure à la vitesse de décrochage, obtenue en faisant subir à l'appareil un facteur de charge négatif, à parcourir toute la gamme des vitesses et des incidences à assiette constante.

L'assiette est celle de la vitesse maximum autorisée dans la configuration choisie.  
 2°/- en partant de la vitesse maximum autorisée, on tient cette fois, constante, l'assiette de décrochage, et l'on parcourt donc à nouveau toute la gamme des vitesses et des incidences possibles, cette fois, en sens inverse.

L'essai est très rapide, mais nécessite une installation compliquée. En plus des paramètres habituels, il faut enregistrer l'incidence. Pour le dépouillement, un étalonnage d'incidence est nécessaire. Cet étalonnage est difficile à faire sur un planeur, si ce n'est en effectuant une série de stabilisations en air calme (ce qui revient donc à tracer en premier lieu, la polaire par la méthode classique).

On perd donc l'avantage principal de cette méthode qui est la rapidité d'exécution. L'étalonnage d'incidence en fonction de la vitesse est montré par la figure 9.

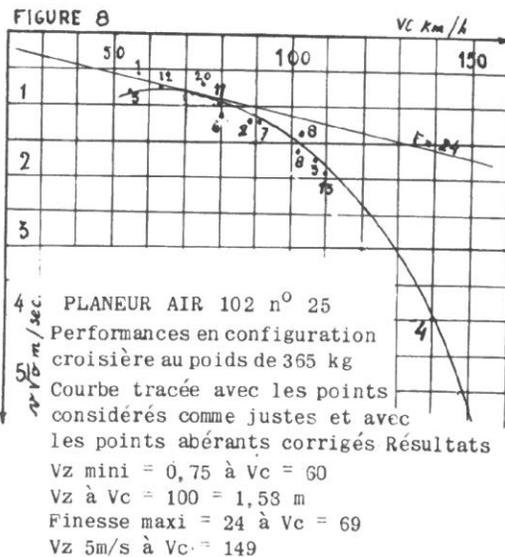
Les v, sont calculés en employant la formule:

$$\sin \sigma = \frac{v \sqrt{\sigma}}{V C}$$

sous la forme:  $v \sqrt{\sigma} = \sin (A - i) VC$

Les i sont pris sur la courbe  $\frac{\Delta p}{i} = (f) i$ .

Les A sont données par le niveau pendulaire.



Le niveau pendulaire donnant la direction de la verticale apparente, comme l'on est, soit en accélération, soit en décélération, l'assiette mesurée n'est pas l'assiette vraie.

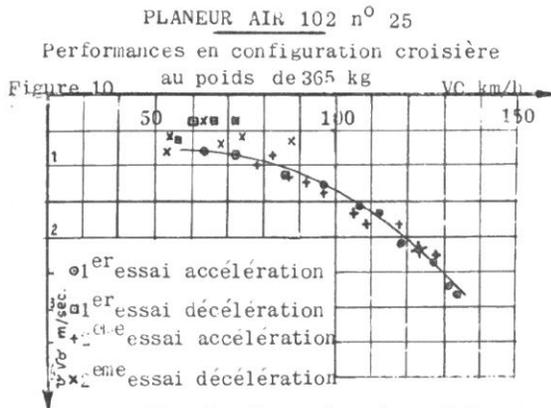
Pour éliminer ces erreurs, il suffit de tracer les courbes  $v \sqrt{\sigma} = (f) VC$ , obtenues avec les mouvements accélérés et décélérés, la courbe vraie se trouvant entre les deux.

La figure 10 montre la courbe obtenue.

L'examen de cette figure montre que, pour une raison quelconque que l'on n'a pas pu déterminer (mais qui tient vraisemblablement au fait que la décélération se produit très rapidement et que, de ce fait, l'exécution de l'essai, et son dépouillement sont très délicats, (Il faut 45'' pour parcourir la polaire en accélération et seulement 15'' pour la parcourir en décélération), les points obtenus par le dépouillement des évolutions en décélération sont dispersés et ne s'alignent pas, et donnent des résultats, à priori, aberrants, puisqu'ils auraient dû se trouver en dessous de la courbe obtenue par l'évolution en accélération.

En tenant compte seulement des points dépouillés des évolutions en accélération, on trouve une vitesse de chute minimum de 0,75 m à VC = 63 km/h, ce qui est très comparable aux résultats obtenus par les précédentes méthodes.

A VC = 100 km/h, la vitesse de chute est



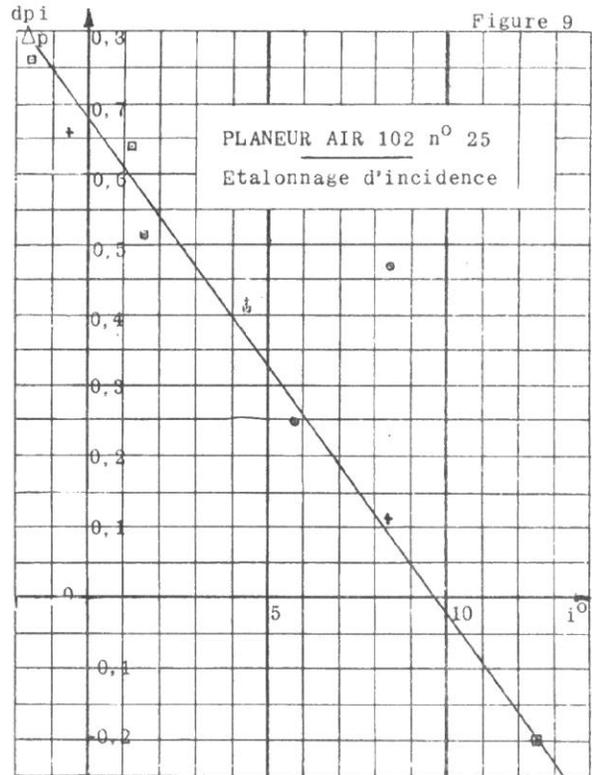
REMARQUE - La dispersion des points en décélération s'explique par le fait qu'il faut 45 sec. pour passer de VC 60 à VC 140 et seulement 15 sec. pour passer de 140 à 60

**Courbe tracée en partant des enregistrements à assiette constante.**

Vz mini: 0,75 à VC = 63

Vz à Vc = 100 : 1,40

Finesse maxi = 24 à VC = 72



de 1,40 m et est un peu plus faible que celle trouvée jusqu'à maintenant (mais la différence de Vz est de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure admises).

La finesse maximum est de 24 à VC 72, soit une valeur très comparable à celle précédemment obtenue. En conclusion, au moins jusqu'à VC = 100 km/h, la courbe 1° est tout à fait identique aux courbes 6 et 8.

Si l'on tient compte du fait que la courbe a été tracée avec seulement les points obtenus lors d'évolutions en accélérations, ce qui donne des résultats légèrement optimistes, la courbe est acceptable, même au-dessus de 100 km/h.

### D3 - Méthode de la reconstitution de trajectoire.

Cette méthode nécessite une implantation sol de théodolites, et semble très compliquée à mettre en oeuvre dans le cas de nos essais.

D'autre part, dans cette méthode, l'effet des mouvements verticaux de l'atmosphère n'est pas éliminé.

Pour ces raisons, et le degré de précision que l'on peut obtenir avec cette procédure, nous

n'avons jamais utilisé cette méthode.

**D4 - Méthode de la mesure de la traînée en vol remorqué.** Cette méthode, qui serait certes la plus simple, n'a pas été essayée. Pourtant, le matériel permettant d'utiliser cette procédure d'essai existe. Il suffit de l'adapter. Mais l'on est sûr de se heurter à des difficultés d'exécution de l'essai, de même nature que celles signalées lors des tentatives d'étalonnage d'incidence en vol remorqué. Cet essai ne pourra donc être tenté que lorsque le problème précédent sera résolu.

**D5 - Méthode du planeur étalon.** Dans cette méthode, on part d'un planeur dont les performances sont parfaitement connues.

Sur ce planeur, les performances ont été déterminées soigneusement, en employant plusieurs méthodes et surtout, en faisant un très grand nombre de points.

En accrochant le planeur à essayer, et le planeur étalon, successivement derrière le même remorqueur étalonné, on trace la courbe :

VI, planeur étalon en fonction de VI, du planeur à essayer.

Ensuite, les planeurs sont remorqués ensemble à la même altitude.

Partant d'une altitude connue, à un signal donné (signal lumineux ou radio) les planeurs stabilisent pendant 1 minute la même VC (donc, sans doute des VI différentes).

Au bout d'une minute, nouveau signal. Un avion d'observation note alors la différence d'altitude entre les deux planeurs (photo). Les performances du planeur à essayer sont déduites du planeur étalon.

Si les planeurs ont évolué assez près l'un de l'autre, l'influence des mouvements verticaux de l'atmosphère est éliminée.

Il faut naturellement, faire la même manœuvre à différentes VC.

Cette méthode est délicate d'exécution, elle est très intéressante, au moins, pour faire des mesures qualitatives.

Elle a été essayée avec succès entre une demi-douzaine de planeurs et sera sans doute reprise.

#### ORDRE DE GRANDEUR DES ERREURS POSSIBLES.

Les erreurs possibles sont:

- 1<sup>o</sup>/- une erreur sur la vitesse corrigée VC ou sur la pression dynamique (Pi - Ps);
- 2<sup>o</sup>/- une erreur sur la mesure de l'altitude ou de la pression statique Ps;
- 3<sup>o</sup>/- une erreur sur la température T;
- 4<sup>o</sup>/- une erreur sur la mesure du temps t;
- 5<sup>o</sup>/- une erreur sur l'appréciation de la perte d'altitude d ps.

#### ERREUR SUR LA VITESSE CORRIGÉE.

On a:  $VC = K \sqrt{p_i - p_s}$ .

La dérivation logarithmique donne:  $\frac{\Delta VC}{VC} = \frac{1}{2} \frac{\Delta (p_i - p_s)}{p_i - p_s}$

On admet que  $\Delta (p_i - p_s)$  est inférieur ou égal à 0,5 mb, lorsque l'on utilise une capsule de 15/30 mb.

Pour VC = 50 km/h, soit un  $p_i - p_s$  de 1 mb, l'erreur est de l'ordre de grandeur de:

$$\frac{\Delta VC}{VC} = \frac{1}{2} \frac{0,5}{1} = 25\% \text{ soit } \pm 12,5 \text{ km/h.}$$

Pour VC = 100 km/h, soit un  $p_i - p_s$  de 5 mb, l'erreur est de l'ordre de grandeur de:

$$\frac{\Delta VC}{VC} = \frac{1}{2} \frac{0,5}{5} = 5\% \text{ soit } \pm 5 \text{ km/h.}$$

Notons toutefois, que les variations de vitesse sont connues avec une meilleure précision.

**ERREUR SUR LA MESURE DE LA VITESSE VERTICALE.**

On a:  $v \sqrt{\sigma} = v'$

$$v = \frac{1}{0,12 \sigma} \frac{dps}{dt}$$

$$v' = \frac{1}{0,12 \sqrt{\sigma}} \frac{dps}{dt}$$

La dérivation logarithmique donne:

$$\frac{\delta v'}{v'} = \frac{-1}{2} \frac{\delta \sigma}{\sigma} + \frac{\delta dps}{dps} - \frac{\delta dt}{dt}$$

Dans cette expression on a:

$$\frac{\delta \sigma}{\sigma} = \frac{\delta ps}{ps} - \frac{\delta Ts}{Ts}$$

En définitive, l'erreur total est:

$$\frac{\delta v'}{v'} \leq \pm \left\{ \frac{1}{2} \left| \frac{\delta ps}{ps} \right| + \frac{1}{2} \left| \frac{\delta Ts}{Ts} \right| + \left| \frac{\delta dps}{dps} \right| + \left| \frac{\delta dt}{dt} \right| \right\}$$

**ERREUR SUR LA PRESSION STATIQUE.**

Si l'on prend un ps de 1.000 mb, l'erreur admise est de:

$$\pm 2 \text{ mb, soit: } \pm \frac{1}{2} \frac{\delta ps}{ps} = \pm 0,1\%$$

**ERREUR SUR LA TEMPERATURE.**

Si l'on prend une température de 288<sup>0</sup> K (+ 15<sup>0</sup> c), l'erreur admise est de:

$$\leq \pm 2^0, \text{ soit: } \pm \frac{1}{2} \frac{\delta Ts}{Ts} = \pm \frac{1}{2} \frac{2}{288}, \text{ soit sensiblement } \pm 0,3\%.$$

**ERREUR SUR LE TEMPS.**

Si l'on prend un intervalle de temps de 60 secondes, l'erreur admise est de  $\leq \pm 1/5$  de

$$\text{seconde, on a donc: } \pm \frac{\delta dt}{dt} = \pm \frac{0,2}{60} \text{ soit } \pm 0,3\%.$$

**ERREUR SUR L'APPRECIATION DE LA PERTE D'ALTITUDE.**

Pour une vitesse de chute de 1m/sec et un temps de 60 secondes, la différence d'altitude est de 60 mètres, soit 7,2 mb.

L'erreur admise en utilisant la pente du barographe est de  $\pm 0,5$  mb pour 7,2 mb, soit  $\pm 7\%$ .

Le meme raisonnement pour une vitesse de 2 m/sec, donne  $\pm 3,5\%$ .

On voit que cette erreur est prépondérante.

**ERREUR TOTALE.**

Pour une vitesse de chute de 1 m/sec. on aura:

sensiblement  $\pm 8$  cm/sec.

Pour une vitesse de chute de 2 m/sec, on aura:

encore sensiblement  $\pm 8$  cm/sec.

#### COMPARAISON DES RESULTATS.

La figure 11, montre superposés, les résultats obtenus avec les méthodes B - C - D2 appliquées à des planeurs identiques.

On voit que pour l'utilisateur, une bonne courbe moyenne tracée au crayon gras, sera, en pratique, largement suffisante.

Sur ces courbes, on trouve que la finesse maximum de l'air 100 est comprise entre 22 et 26.

A notre avis, on n'insistera jamais assez sur la difficulté de mesure de cette caractéristique.

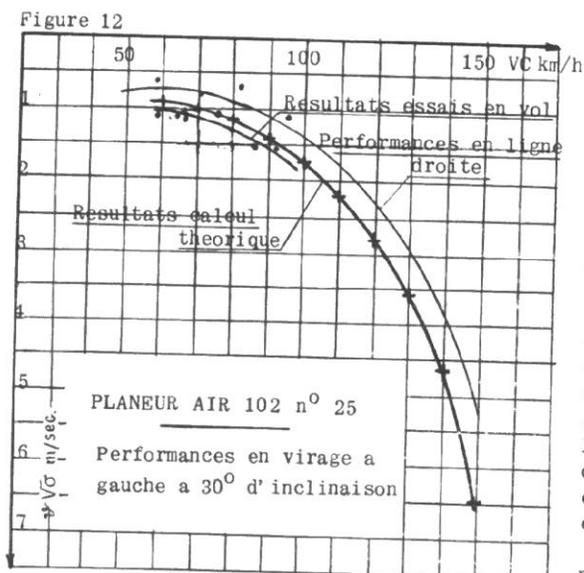
D'où l'intérêt de la méthode D5, qui permet de classer les planeurs qualitativement.

De l'examen de ces courbes, il ressort encore que la méthode, appelée ici méthode classique améliorée, est acceptable et semble la plus intéressante.

L'effort des spécialistes des essais en vol pour améliorer la précision des essais des planeurs légers devra porter surtout sur le matériel d'enregistrement.

Toute précision supérieure est actuellement illusoire; seuls, le nombre des points de mesure, et la qualité d'exécution des essais, peuvent tendre à resserrer de plus près les performances vraies.

#### REMARQUES SUR LES PERFORMANCES EN VIRAGE.



Pour la première fois, une tentative a été faite pour mesurer les performances d'un planeur en virage.

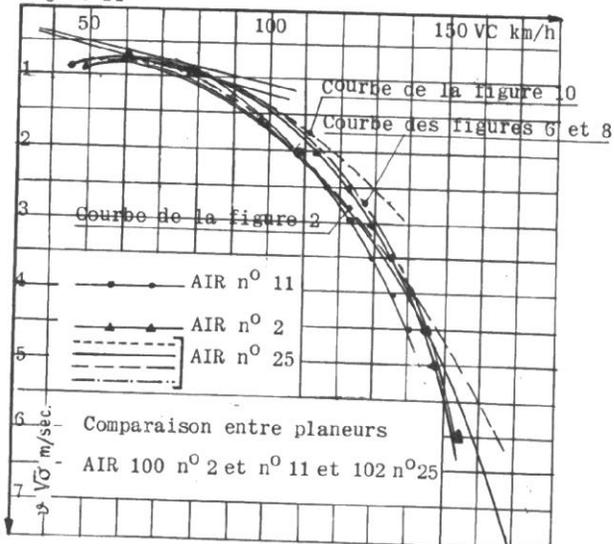
L'essai a été fait en virage à gauche de 30° d'inclinaison. Le planeur est équipé d'un collimateur à double assiette permettant de stabiliser à la fois, une assiette longitudinale (vitesse) et une assiette latérale (inclinaison).

La méthode de dépouillement employée, a été uniquement la méthode classique, la figure 12 montre les résultats obtenus.

Sur cette figure, on trouve une courbe de performances en configuration croisière et en ligne droite, une courbe des performances en virage, tirée des performances en ligne droite, et une courbe donnant les résultats obtenus par le C.E.V. en essais en vol (pour le tracé de cette courbe, les points tombant sur ou au-dessus de la courbe des performances en ligne droite, ont évidemment été considérés comme aberrants, et il n'en a pas été tenu compte).

L'examen de la courbe théorique et de la courbe pratique montre que les résultats obtenus sont

Figure 11



comparables à la théorie pour les VC comprises entre 55 et 95 (aux erreurs de mesure près).

En conclusion, les résultats obtenus pour ces premiers essais sont encourageants; et les essais seront poursuivis à l'avenir, dans la mesure du possible (encore que de telles mesures ne seront plus nécessaires, lorsque l'on sera vraiment sûr que la pratique „colle“ avec la théorie).

Notons, que pour être vraiment „payants“, les essais devraient être effectués à trois inclinaisons au moins (20, 30 et 45°, par exemple) et, si possible, à gauche et à droite, pour faire apparaître d'éventuelles dissymétries).

#### REMARQUES SUR LES PERFORMANCES AERO-FREINS SORTIS.

Pas de difficultés spéciales dans la mesure de ces performances, pour lesquelles la précision demandée est beaucoup moins grande qu'en configuration croisière.

La figure 13, donne les résultats obtenus. On voit que la cohésion des points est satisfaisante. La méthode employée pour le dépouillement est la méthode classique.

Bien observer que la courbe de la figure 13 a été tracée à l'aide de 20 points, qui ont nécessité autant de stabilisations en air calme.

On a donc passé autant de temps en essais en vol, pour obtenir cette courbe, que pour établir celle de la configuration croisière, pourtant beaucoup plus utile, importante, et délicate à tracer, on l'a vu.

A quoi sert cette courbe en configuration freinage?

Uniquement, à permettre d'apprécier l'efficacité des aéro-freins. Nous ne pensons pas que, pour cela, le tracé d'une telle courbe soit nécessaire.

Il suffirait de donner la vitesse de chute obtenue aéro-freins ouverts, à trois VC caractéristiques:

- 1°/- La VC, donnant en configuration croisière la vitesse de chute minimum;
- 2°/- La VC 100;
- 3°/- La VC maximum permise, aérofreins ouverts.

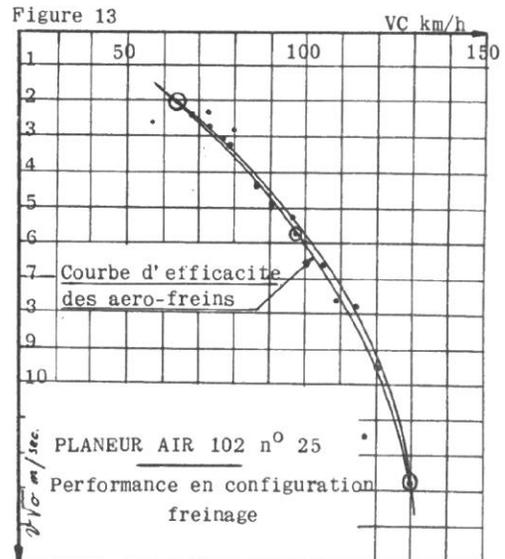
Au besoin, on pourrait tracer à l'aide de ces trois points, une courbe qui ne serait pas une courbe  $v \sqrt{\sigma} = (f) VC$  mais une courbe très voisine, que l'on pourrait appeler: **courbe d'efficacité des aérofreins**.

Le temps ainsi gagné sur cette configuration pourrait être utilisé à faire d'autres points en configuration croisière, où il n'en sera jamais trop fait.

#### CONCLUSION.

Bien qu'on puisse penser à de nombreuses méthodes d'essais, c'est encore la méthode classique améliorée qui semble le mieux appropriée à nos besoins et à nos possibilités. Les moyens d'essais restent à améliorer, en particulier dans le domaine „instruments“.

Il est nécessaire, lorsque l'on compare des planeurs entre eux, de comparer l'allure des courbes (d'où l'avantage de les présenter toujours à la même échelle) et, dans la comparaison des chiffres, de tenir compte de l'ordre de grandeur de la précision.



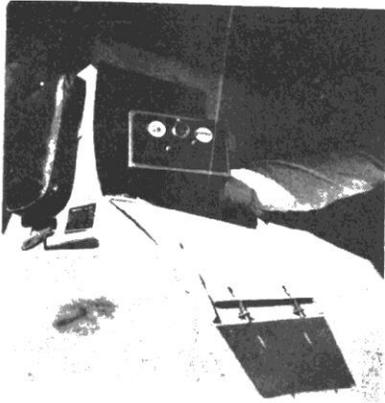


Photo 3. L'enregistreur A 20 devant son logement.

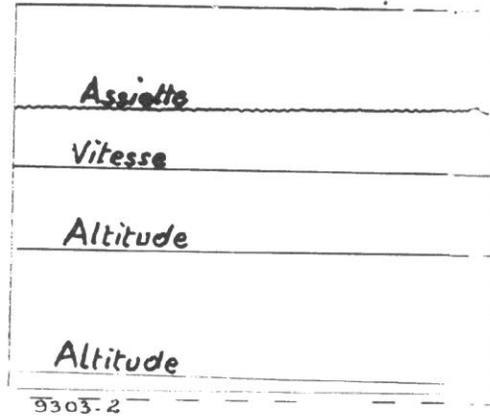


Photo 4. Bande d'un enregistreur A 20.

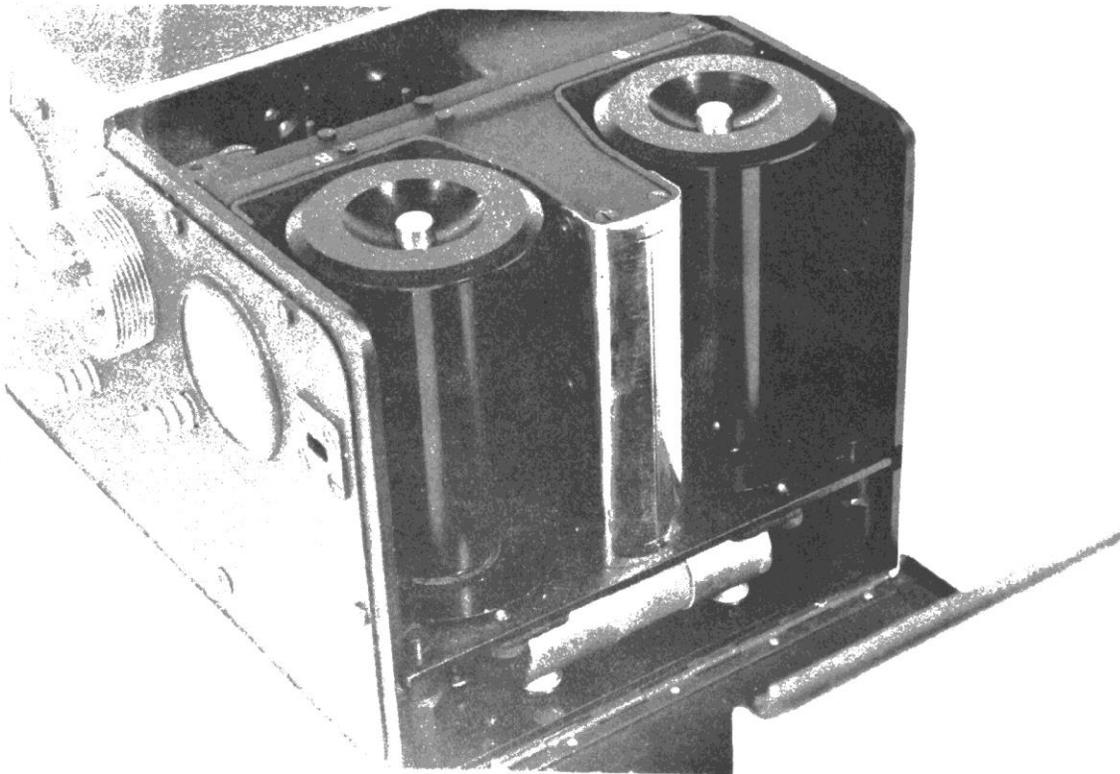


Photo 5. Enregistreur A 20. Ouvert-cote papier photographique. On distingue la lampe d'éclairage et les 2 bobines recevant le papier photographique.

### III. LE MATERIEL D'ENREGISTREMENT.

La France dispose dans le domaine des essais en vol, d'une gamme assez importante d'appareils enregistreurs sur papier photographique.

Nous indiquons ici, les principales caractéristiques de l'appareil le plus approprié aux essais planeurs.

Cet appareil se dénomme A 20.

Son encombrement est de 165 x 110 x 100, en mm.

Son poids, équipé, est de 2 kg, environ.

Il est alimenté par une pile de 30 volts, pesant 4 kg.

La photo no 3, montre un enregistreur A 20 devant son logement (il tient facilement à l'emplacement prévu pour le barographe).

La photo no 4, montre une bande d'A 20.

On peut voir les spots de l'altitude (sensible et dur comme un altimètre à deux aiguilles) de l'assiette, de la vitesse, le compte temps, et le signal pilote.

La photo no 5, montre l'intérieur d'un appareil enregistreur.

L'appareil possède deux vitesses d'enregistrement lui assurant soit, 20 minutes, soit 1h 40, de fonctionnement continu pour 6 mètres de papier d'enregistrement.

Les paramètres qu'il est possible d'enregistrer simultanément sont:

- le temps (au 1/5 de seconde près);
- la vitesse (jusqu'à 250 km/h avec une très bonne précision);
- l'altitude (de 0 à 16.000 mètres);
- l'assiette longitudinale (assiettes extrêmes écartées de 40° précision 1/5 de degré);
- les accélérations normales (avec les étendues de mesure suivantes au choix);
- 1 + 1; -3 + 5; -4 + 12.

Le pilote dispose d'un signal spécial, lui permettant de repérer les différentes phases de son essai.

L'A 20, est aussi réalisé en une version lente donnant 20 ou 50 heures de temps de fonctionnement (A 21) et en une version rapide donnant 6 minutes d'enregistrement (A 22) (toujours avec 6 mètres de papier).

La version rapide permet, notamment, l'étude des phénomènes vibratoires.

Il existe également, un barographe compensé l'A 27, qui est un véritable enregistreur mécanique miniature, pouvant recevoir des paramètres supplémentaires.

Ces dimensions en mm sont de: 155 x 90 x 72. Son poids équipé est d'environ 1,4 kg.

La photo no 6, montre un A 27, devant son logement.

Son fonctionnement est assuré par un moteur mécanique. La source de lumière est donnée par une lampe alimentée par une pile de 4,5 volts.

Les temps d'enregistrement sont de: 15 minutes, 90 minutes, 6 heures, ou 24 heures, suivant le type, pour 3,50 mètres de papier.

La photo no 7 montre une bande d'A 27. On y trouve l'altitude, la vitesse, etc.

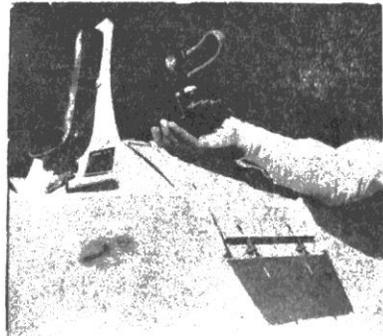


Photo 6. Enregistreur miniature A 27 devant son logement.

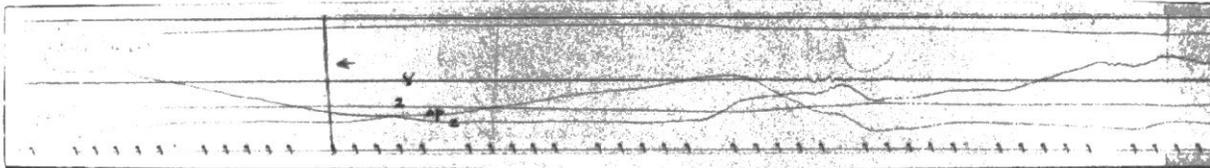


Photo 7. Exemple de bande d'enregistreur A 27.

Les paramètres supplémentaires possibles sont:

- la vitesse;
- l'accélération;
- le temps;
- le signal pilote;
- l'assiette longitudinale.

#### IV. CONCLUSION.

Ici se termine cet exposé sur la mesure des performances de planeurs.

Les techniciens intéressés trouveront plus loin deux annexes donnant la procédure de dépouillement des résultats de mesures pour les méthodes B et D2.

Cet exposé ne fait évidemment pas le tour complet de la mesure des performances de planeurs légers. Il faudrait un livre entier de 200 pages.

Nous pensons néanmoins, qu'il montre la difficulté des mesures venant uniquement de l'ordre de grandeur des paramètres à mesurer.

Il atteindra son but s'il incite les vélivoles à prendre avec beaucoup de prudence les performances annoncées par les constructeurs de planeurs.

Dans l'état actuel de la technique de mesure, la plupart du temps des calculs théoriques sérieux, s'appuyant sur des résultats de soufflerie, sont presque aussi précis que les mesures pratiques elles-mêmes.

Il faut cependant faire ces mesures, les multiplier, améliorer encore le matériel d'enregistrement, pour arriver à les rendre plus précises.

Faut-il insister sur le fait que si nous avions du temps et de l'argent, avec les mêmes méthodes et moyens d'essais, nous pourrions probablement doubler la précision des résultats en travaillant dans de meilleures conditions (choix du lieu, de l'époque, et de l'heure des essais) et en multipliant les points de mesures.

Le problème du Temps et de l'Argent n'est d'ailleurs sans doute pas spécifiquement français?

Enfin, pour terminer, disons qu'un planeur ayant de très bonnes performances, mais de mauvaises qualités de vol, sera forcément un mauvais planeur. Mais ceci, est une autre histoire.....

#### ANNEXE I.

##### Schéma d'un dépouillement de point de performance par la méthode classique.

Sur l'enregistreur, un barographe donne la perte d'altitude pression  $dpr$  pour un temps donné  $dt$ .

La mesure de la température et de la pression, au moment de l'essai, donne la densité de l'air à l'altitude moyenne de la mesure.

$v$  est donc calculable avec la formule:

$$v = \frac{dpr}{0,12 \sigma dt}$$

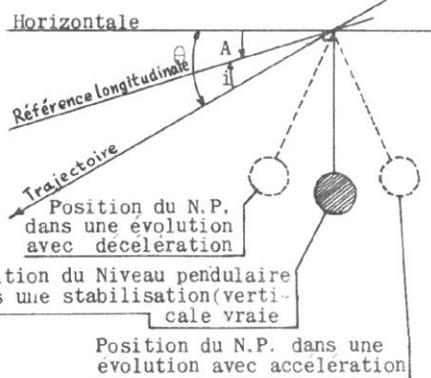
Les résultats sont ensuite ramenés au sol en atmosphère standard en faisant:

$$v' \text{ au sol} = v \sqrt{\sigma}$$

ANNEXE II.

Schéma d'un dépouillement de mesure de performance par la méthode à assiette constante

Dans l'exposé ci-dessous, on a admis les conventions suivantes (figure 14).



I. ETALONNAGE D'INCIDENCE (tracé de la courbe de la figure 9).

Prendre les points de  $v$  dépouillés par la méthode classique et calculer:

$$\sin \theta + \frac{v}{V} = \frac{v \sqrt{\sigma}}{V \sqrt{\sigma}} = \frac{v \sqrt{\sigma}}{VC}$$

De  $\sin \theta$ , on déduit l'angle  $\theta$ .

On peut alors calculer  $i$ , par la formule fondamentale:

$$A = \theta + i$$

$A$ , étant l'assiette du planeur, lue directement sur Figure 14 l'enregistreur, grace au niveau pendulaire (en tenant compte du calage de l'enregistreur par rapport à la référence longitudinale naturellement).

$\theta$  étant la pente de la trajectoire calculée comme indiqué plus haut.

$i$ , étant l'incidence.

Sur la bande de l'enregistreur, une dpi peut être la même pour plusieurs incidences, car la position du spot est en fonction de la vitesse du planeur. La courbe étalonnage d'incidence est présentée, pour éviter cet inconvénient, sous la forme:

$$\frac{dpi}{\Delta p} = (f) i$$

$dpi$  = différence de pression entre deux points d'une sonde spéciale.  $\Delta p = p_i - p_s = \frac{1}{2} \rho V^2$  = différence entre la pression d'impact  $p_i$ , et la pression statique  $p_s$ .

II. CALCUL DES POINTS DE PERFORMANCES.

Sur la bande de l'enregistrement de l'évolution à assiette  $A$  constante, on choisit un certain nombre de points qui seront dépouillés.

Pour chaque point on a  $\Delta p$ , donc  $VC$ . Et  $A$ , assiette donnée par le niveau pendulaire.

Le niveau pendulaire, donnant la direction de la verticale apparente, comme l'on est, soit en accélération, soit en décélération, l'assiette mesurée n'est pas l'assiette vraie.

Avec l'évolution en accélération, l'assiette mesurée est plus petite que l'assiette vraie, et les  $v$  calculés seront eux aussi, plus faibles.

Avec l'évolution en décélération, l'assiette mesurée est, au contraire, plus grande que l'assiette vraie, et les  $v$  calculés seront eux aussi, plus grands.

Pour éliminer ces erreurs, il suffit donc de tracer les courbes  $v = (f) V$ , obtenues avec les mouvements accélérés et décélérés, la courbe vraie étant entre les deux.

Sur la bande de l'enregistreur, on a également pour chaque point  $dpi$  avec lequel on fait le rapport

$$\frac{dpi}{\Delta p}$$

Lorsque l'on  $\frac{dpi}{\Delta p}$ , on a  $i$ , en passant par l'inter-

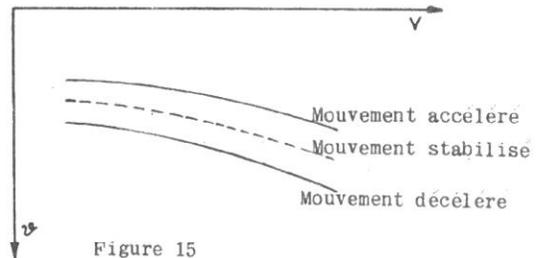


Figure 15

mediaire de la courbe  $\frac{dpi}{\Delta p} = (f) i.$

On possede alors tous les elements pour calculer  $v \sqrt{\sigma}$  pour cela on utilisera la formule:

$$\sin \theta = \frac{v \sqrt{\sigma}}{VC}$$

sous la forme:  $v \sqrt{\sigma} = \sin (A - i) \times VC.$

On voit que, avec cette methode, les  $v \sqrt{\sigma}$  doivent etre justes, meme si les évolutions ont été effectuées entièrement dans une ascendance ou une descendance.