

# FFVL, tests structure document provisoire

pierre@puseux.name

## 1 Le problème

Certaines voiles qui ont échoué aux tests structure chez **Aérottest**, ont ensuite passé ces mêmes tests avec succès chez **Air Turquoise**. Ces tests sont encadrés par une norme européenne NF EN 926-1 de 2015, dont le protocole est explicité en ?? en version anglaise et en version française.

Ici, nous tentons de répondre aux questions :

1. comment est-ce possible ?
2. le protocole est-il suffisamment précis ou bien est-il ambigu ?
3. *Air Turquoise* triche-il avec la norme ?
4. Le protocole est-il adapté et aux modes de pilotage, de conception et de confection actuelles ?

Une première lecture de la norme<sup>1</sup> fait apparaître de légères différences entre les versions anglaise et française :

- l'enregistrement vidéo n'est pas mentionné dans la version anglaise,
- l'écartement des élévateurs n'est pas mentionné dans la version anglaise,
- l'incertitude sur les mesures n'est pas mentionnée dans la version française. *Cette différence peut être à l'origine du problème, cette hypothèse n'a pas été examinée ici.*

Le pilotage des parapentes s'est considérablement amélioré et affiné depuis l'élaboration du protocole de test en charge. Les nouveaux modes de pilotage, des biplaces comme des voiles solos, banalisent des manœuvres comme les wing-over appuyés, 360 engagés, voire tumbling, vrille à plat ou décrochages dynamiques. Lors de ces manœuvres extrêmes<sup>2</sup>, l'agilité des pilotes permet à la voilure de flirter avec des incidences très faibles ou très fortes (proches de la fermeture ou du décrochage) et de subir des accélérations importantes. Pour ce qui est des incidences très faibles (proches de la fermeture), on sait que les suspentes avant sont fortement sollicitées. Le protocole d'homologation en structure permet-il d'approcher ces configurations ? Répondre à cette question, c'est déterminer la plage d'incidence testée lors d'une session, les accélérations subies par la voile, et la répartition de charge dans le suspentage. Une simulation numérique de la dynamique du test, même approximative, doit y pourvoir. Malheureusement une telle simulation, si elle est envisageable, est longue et difficile à mener, et les données disponibles sont très incomplètes.

Pour le deuxième point, s'appuyant sur son expérience, Vincent Teulier met en doute le fait que le camion de *Air Turquoise* reste maîtrisable lors de tests de biplaces et qu'il puisse atteindre les objectifs de la norme. La longueur de piste pourrait être insuffisante, le poids du camion, sa capacité d'accélération également. L'idée serait d'évaluer, même approximativement, la vraisemblance des résultats annoncés par *Air Turquoise*.

## 2 Les données

Le modèle biplace Sora2 de Supair a été victime récemment d'une rupture de suspentes, c'est pourquoi nous le prenons comme modèle.

- Les voiles : concernant la Sora2-42, on trouve une représentation graphique des enregistrements dans le rapport de test structure (voir ??) et des données très générales dans la notice utilisateur (cf ??). Mais aucune donnée aérodynamique, aucun enregistrement sous forme numérique.

Concernant la Sora2-38, aucun enregistrement des tests structure, n'est disponible sur le site d'*Air Turquoise*. Vincent Teulier me dit que le succès de la grande taille (42 m<sup>2</sup>) qualifie automatiquement la petite taille (38 m<sup>2</sup>).

---

<sup>1</sup> Version anglaise et française de la norme :

- pour la norme en anglais, nous n'avons pas de version officielle, mais seulement l'extrait que *Air Turquoise* cite dans ses rapports d'homologation.
- Pour la version française, il s'agit d'un extrait de la version officielle de l'AFNOR.

<sup>2</sup> Dans la suite nous appellerons ces vols de type "sensations fortes", par opposition à des vols de type "tranquille"

D'autres voiles biplaces ont été choisies un peu au hasard, chez *Aérottest* et *Air Turquoise*, pour tenter de valider les calculs, et comparer les protocoles de test entre ces deux intervenants. Les données de références seront celles de la notice utilisateur du biplace Sora2-42.

- *Air Turquoise* :
  - le camion est un Dodge, à priori dans les 390 cv,
  - son poids à vide ( $p_c$ ) est 2100 kg, le poids max en charge 3000 kg.
  - lesté à l'arrière (1000 kg) ?
  - Il atteint des charges appliquées à un biplace  $F_{max} \sim 2000$  kg,
  - la longueur de la piste est  $L \sim 900$  m<sup>3</sup>,
  - l'altitude de la piste est  $h \sim 430$  m
- *Aérottest* :
  - le camion pèse 7 Tonnes, centre de g bas, repartition 1/3 moteur, gueuses à l'ar. (+ 5 tonnes)
  - les vitesses atteintes se situent autour de  $V_{max} \sim 100$  km/h,
  - *Aérottest* : pour les biplaces, on atteint des charges  $F_{max} \sim 2500$  kg
  - la piste de roulage a une longueur de  $L = 1700$  m,
  - l'altitude de la piste est  $h \sim ??$  m

### 3 Première analyse

On constate à la lecture des compte-rendus de tests, que les charges maximales  $F_m$  atteintes ne sont pas les mêmes chez *Aérottest* et chez *Air Turquoise*. Voir le ??.

- Chez *Aérottest*, les deux règles sont satisfaites (5 pics > 10g et 3s > 8g).
- Chez *Air Turquoise* seule la règle des 3s > 8g est satisfaite.

N'ayant pas de diagramme de vitesse des véhicules, ni les enregistrements de charges numérisées, ni les caractéristiques aérodynamiques de la voile, il est très difficile d'analyser ces courbes.

En effet, la charge qui s'applique au points d'ancrage sur le camion dépend du carré de la vitesse  $V^2$  du parapente et de son incidence  $\alpha$  (ou son assiette, ce qui est équivalent ici).

Afin de répondre à la deuxième question, on a besoin d'évaluer la vitesse maximale atteinte par le camion d'*Air Turquoise* sur sa piste.

Dans le paragraphe suivant, on va tenter d'évaluer la vitesse maximale à partir du diagramme de test en charge.

4

5

### 6 Conclusion

par manque de données, cette analyse est très incomplète et approximative. Cependant, il en ressort un point essentiel :

Les phénomènes mis en jeu sont *essentiellement de nature dynamique*, avec de fortes *oscillations* et *variations d'incidence* et il semble impossible d'atteindre un régime de *vol stabilisé* pour les charges imposées.

La vitesse maximale atteinte,  $V_m$ , est d'une importance *fondamentale* sur les résultats des tests. La lecture des graphiques montre qu'une vitesse plus importante (en fin de run), induit des oscillations :

- de plus grande amplitude (donc des pics de charge plus violents),
- de plus grande fréquence (donc des pics de charge plus rapprochés).

Pour répondre aux questions posées :

<sup>3</sup> Valeur mesurée de l'aérodrome d'Yverdon, sur la carte <https://map.geo.admin.ch>

1. Sur le respect de la norme par *Air Turquoise*: on ne peut pas conclure avec certitude à une quelconque forme de triche chez *Air Turquoise*. La lecture des graphiques d'*Air Turquoise* semble indiquer que la condition  $3s > 8g$  est effectivement satisfaite (*en temps cumulé*), les termes de la norme sont respectés.
2. Sur le pourquoi cette différence entre les résultats *Aérottest* et *Air Turquoise* : le protocole est appliqué de manière beaucoup plus pénalisante chez *Aérottest* :
  - pour les biplaces examinés, le temps d'un run complet chez *Aérottest* est *significativement*  $> 60s$ , tandis que chez *Air Turquoise* il est *significativement*  $< 60s$ .
  - La charge appliquée chez *Aérottest* est  $F_m > 10g$ , tandis que chez *Air Turquoise* elle est  $8g < F_m < 10g$
  - Il faudrait connaître les vitesses atteintes chez *Air Turquoise*, mais probablement sont-elles beaucoup plus faibles que chez *Aérottest*, les comportements de la voile sont donc très différents.
  - La lecture des graphiques de montée en charge fait apparaître que *Air Turquoise* interprète la norme comme "quelques pics à  $8g$  pourvu que le temps cumulé soit supérieur à  $3s$ ", ce qui finalement est presque équivalent à "quelques pics à  $10g$ ", sauf que l'on monte à  $8g$  au lieu des  $10g$ , ce qui répond en grande partie à la question 1.
3. Sur la norme elle-même :
  - La norme actuelle tente d'imposer une charge à atteindre, si possible *de manière stabilisée*. Or il semble impossible de stabiliser un parapente à ces vitesses. Des pics de charges seront toujours présent à  $V_m$ .
  - La norme ne devrait pas laisser de *choix* à l'opérateur comme actuellement ( $3s > 10g$  ou  $5$  pics  $> 8g$ ) mais imposer une seule condition : atteindre une  $V_m$  (à définir), et s'y maintenir pendant un intervalle de temps  $\Delta t$  continu (et non pas fractionné, à définir), au cours de cet intervalle de temps,  $n$  pics de charge devront dépasser  $x \times g$  ( $n$  et  $x$ , à définir). Ceci impose un enregistrement des vitesses.
  - La distinction  $8g / 10g$  devrait disparaître, ainsi que toute référence à la stabilité à  $V_m$ .
  - Je ne sais pas si des cas de voile instable se sont déjà présentés, mais si c'est le cas, la norme pourrait demander à la voile un comportement stable tant que la vitesse est inférieure à un  $V_{min}$  à définir (peut-être la vitesse annoncée par le manuel utilisateur).
4. En vrac
  - Lors de ces tests en charge, on peut estimer que la charge  $F$  se répartit en une composante verticale  $F_z \sim \frac{9}{10}F = 1.8T$  et une composante horizontale  $F_x \sim \frac{1}{10}F = 200kg$ , avec des coups de boutoir assez violents. Ceci pourrait être interprété par un expert automobile pour déterminer la manœuvrabilité du camion de *Air Turquoise* dans ces conditions.
  - L'accélération du véhicule ajoute une force d'inertie, qui en moyenne est importante, dirigée vers l'arrière, et qui positionne le parapente à une incidence supérieure à une incidence de vol usuelle. A cette incidence, le centre de poussée recule, la voile "chalute" et les rangs A sont, en proportion, moins sollicités qu'ils ne devraient l'être.
5. Pour aller plus loin :
  - Si l'on veut lever les ambiguïtés et analyser plus finement des résultats de tests, il faudrait à minima disposer
    - de l'enregistrement numérique de la vitesse du bord d'attaque du parapente et
    - de l'enregistrement (sous forme numérique) de la charge aux points d'ancrage,
    - optionnellement de l'enregistrement de la vitesse du camion<sup>4</sup>.
  - Les aspects dynamiques (oscillations de la charge) sont d'une grande importance pour répondre aux questions posées. L'analyse de ces problèmes pourrait faire l'objet d'une étude théorique et expérimentale sérieuse.

---

<sup>4</sup> Enregistrer les vitesses de la voile serait suffisant. La vitesse du camion resterait accessible puisqu'elle n'est autre que la vitesse moyenne de la voile sur l'intervalle de temps  $\Delta t$ , car la voile suit le camion !