

# Test FLARM

Effectué à Montricher (LSTR)  
23.10.2004

Christophe Leuenberger  
(christnet@freesurf.ch)

&

Didier Kuttel  
(didier.kuttel@bluewin.ch)

# 1. Introduction

Nous avons essayé d'effectuer des tests du système FLARM mettant en place 2 avions simulant des situations diverses de vol. Nous avons ensuite essayé d'analyser et juger, selon notre point de vue, la qualité des informations données par les systèmes.

## 1.1. Matériel

- 2 motoplaneurs.
- 2 FLARM montés à bord (n°262 et n°282).
- 2 loggers :
  - Colibri (firmware 3.0) :
    - GPS engine : FDK/GSU-15D
    - Baro sensor : no indication in IGC (intégrée au Colibri)
    - N° série : 0489
  - LX20 (firmware 4.0) :
    - GPS engine : MOTOROLA\_ONCORE
    - Baro sensor : no indication in IGC (intégrée au LX20)
    - N° série : 6837

L'idée était de marquer les traces logger (event) à chaque indication du FLARM, nous n'avons réussi cette tâche que partiellement, mais cela donne tout de même de bonnes indications. L'intervalle entre les points enregistrés était de 1s (échantillonnage 1Hz).

## 1.2. Mesures

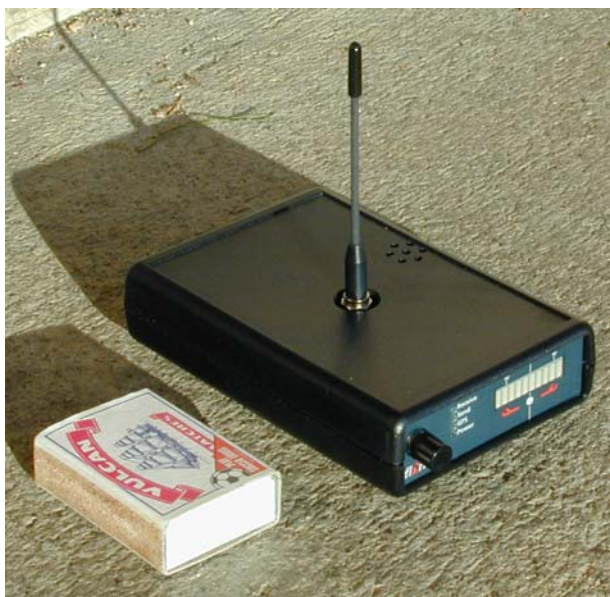
Les diverses mesures sont basées sur les enregistrements des loggers :

- Altitude : capsule barométrique, alignée sur le QNH au mètre près avant le départ (au sol) avec une déviation de 6m au maximum après l'atterrissage, nous pouvons donc considérer l'altitude comme exacte.
- Vitesse : c'est la vitesse sol donnée par le GPS. Il est à relever qu'il y avait un fort vent de sud-ouest (~ 40km/h à 1300m) ce jour-là. Les variations de vitesse sont marquées de ce fait, ainsi que par les changements d'altitude. Les vitesses de rapprochement n'ont donc pas toujours été très constantes.

## 1.3. Brève description du FLARM

### 1.3.1. Appareil

De petite taille, l'appareil semble facilement intégrable dans n'importe quel planeur. Le panneau avant avec les LEDs d'indication peut être déporté sur le tableau de bord.



### 1.3.2. Fonctionnement résumé

Une cellule GPS calcule la trajectoire future sur 30 secondes. Cette information est transmise par radio chaque seconde aux autres FLARM dans un rayon de 1.2 à 1.8 km. Le FLARM donne la position de l'autre planeur dès que celui-ci est à portée (mode indication – réception de l'émission provenant d'un autre aéronef avec indication de position, sans alarme). Une led correspond à 22.5° sur la droite ou la gauche. La dernière led indique l'arrière droite ou gauche et les deux leds à l'extrémité indiquent l'arrière. Lorsqu'un risque de collision survient (alarme), un led clignote dans un premier temps, puis deux et finalement 3 représentant une collision imminente. En plus du clignotement un signal sonore avertit le pilote.

Le FLARM possède 2 modes de fonctionnement :

- Alarme seule : indications (visuelle et sonore) uniquement en cas d'alarme – bip de plus en plus fort et clignotement des LEDs.
- Indication de l'aéronef le plus proche (nearest) et alarme : l'indication visuelle de position est donnée en permanence et l'alarme prend le dessus si nécessaire – indication de position relative signalée par une LED non clignotante.

Lors de nos tests, nous ne connaissons pas cette possibilité de changer de mode. Il apparaît, après coup, que l'aéronef n° 1 devait probablement être configuré en mode alarme seule, et l'aéronef n°2 avec le mode indication et alarme.

Pour une description détaillée, veuillez consulter : [www.flarm.com](http://www.flarm.com)

## 1.4. Remarque préliminaire

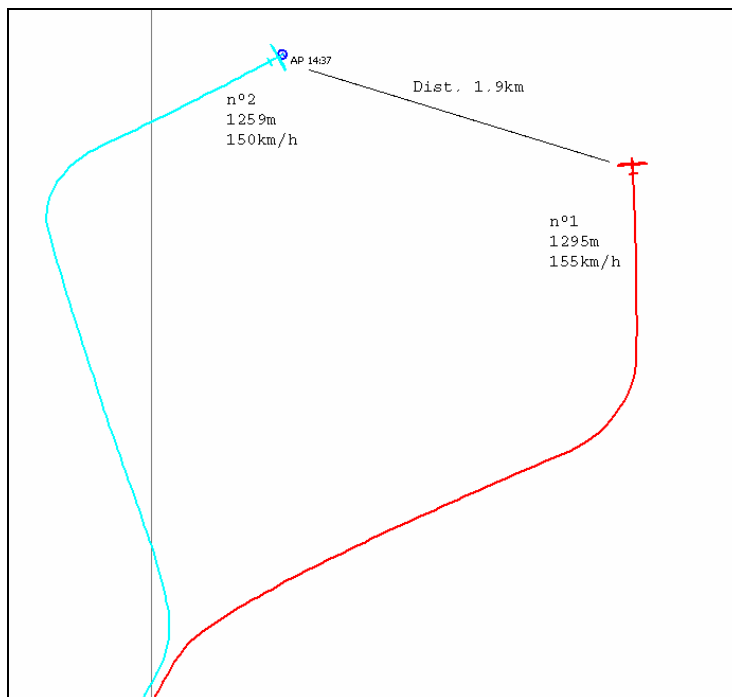
Nous avons rencontré des problèmes d'ordre technique avec le FLARM n°262, explications données dans le chapitre 3.3.3. Cet appareil monté dans le motoplaneur n°1 (rouge) a donné très peu d'indications, malgré des indications de fonctionnement correct. De ce fait, les résultats sont principalement basés sur les appréciations faites dans le motoplaneur n° 2. A noter que le bruit du moteur ne permettait pas toujours d'entendre correctement les avertissements sonores.

## 2. Mesures en vol

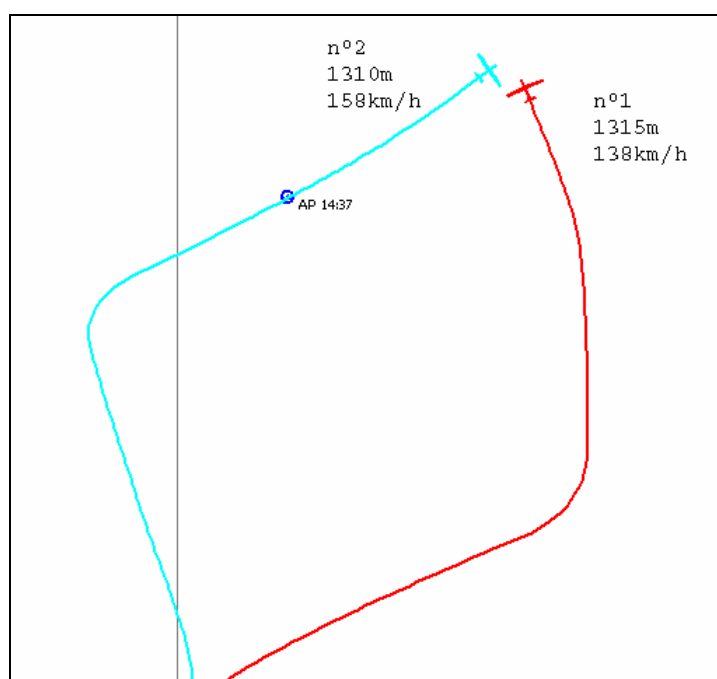
### 2.1. Croisement à 90°

#### 2.1.1. Co-altitude

Le schéma ci-dessous représente la procédure de croisement, c'est à ce moment précis que le FLARM n°2 a donné une indication de position relative :



L'image ci-dessous représente simplement la suite de la trajectoire :

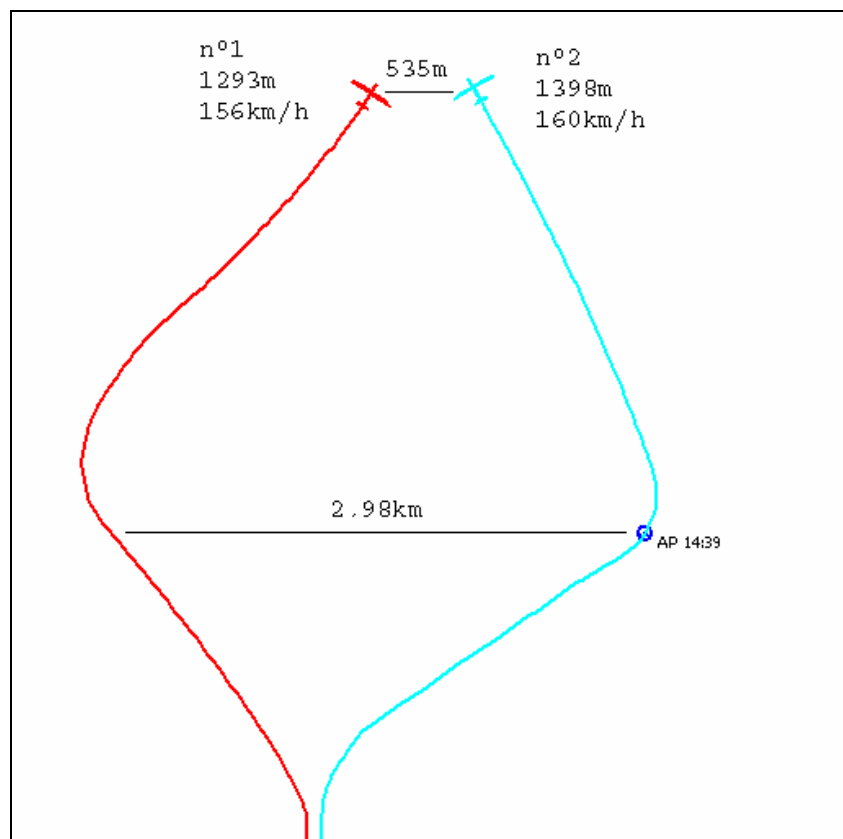


### Impression recueillie (aéronef n°2) :

Dès le début de l'exercice, le FLARM indique précisément la position de l'autre appareil. Avec le rapprochement, le FLARM sonne et clignote graduellement jusqu'à 3 LEDs.

#### 2.1.2. Différence d'altitude 100 m

La trajectoire ressemble au tracé ci-dessous :



La distance séparant les avions au moment de la balise ainsi que la distance au moment de la prise d'image sont indiquées.

### Impression recueillie (aéronef n°2) :

Idem qu'à la même altitude, mais le FLARM ne sonne pas et ne clignote pas (indication 1 LED) – appareil en mode indication, la différence d'altitude a été considérée comme suffisante => pas d'alarme. Nous n'avons pas testé ici la capacité du système à apprécier l'énergie cinétique des appareils. Une différence de 100m n'est pas synonyme de séparation pour un planeur à 250km/h effectuant une ressource.

*FLARM : l'étude d'un modèle tenant compte des énergies respectives des avions est en cours. Le modèle donnera une ressource potentielle de 142m pour 156km/h, et 147m pour 160 km/h.*

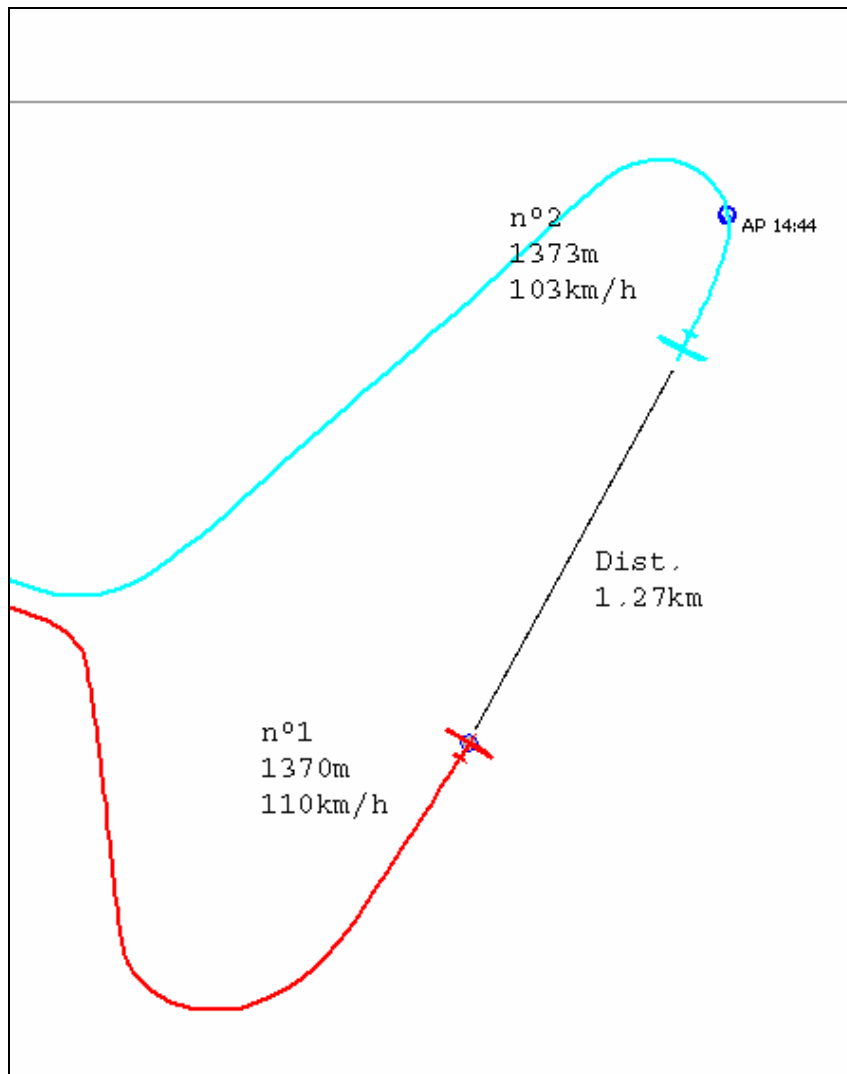
### 2.1.3. Différence d'altitude 200 m

Idem qu'à 100m (indication, mais pas d'alarme).

## 2.2. Croisement à 180° (opposite)

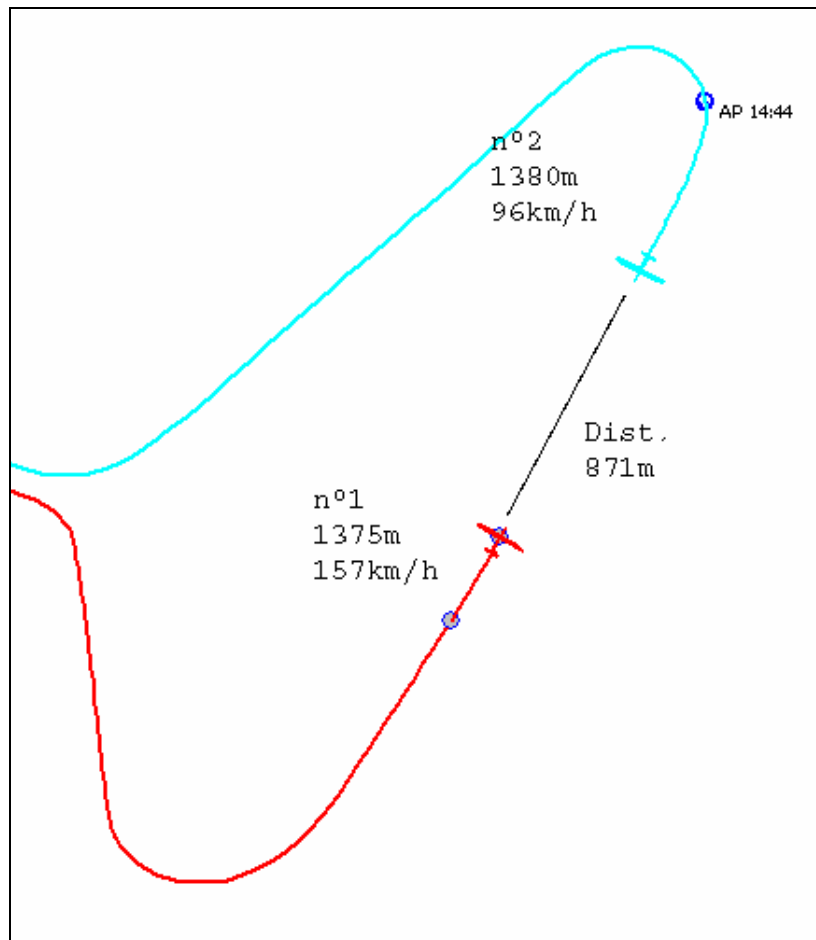
### 2.2.1. Co-altitude

L'image ci-dessous représente la trajectoire avec la position des aéronefs au moment où l'aéronef n°1 reçoit la première alarme (1 LED) :



Nous pouvons relever qu'à ce moment, la distance séparant les aéronefs est de 1.27km. Ce qui nous donne avec une vitesse de rapprochement de 213km/h, un temps de 21.4 s avant croisement. Cela devrait être suffisant pour chercher de manière systématique l'autre aéronef. Il est à relever qu'en mode indication, l'autre aéronef est déjà signalé (sans alarme) à une distance de 2.58km.

L'image ci-dessous montre l'instant où l'alarme de niveau supérieur apparaît (2 LEDs) :



Nous constatons qu'il reste ici 871m avant le croisement. Soit à une vitesse de rapprochement 253km/h, 12.4 s avant la collision.

#### **Impression recueillie (aéronef n°1 et 2) :**

Alarme donnant une bonne information suffisamment tôt. La gradation (augmentation du nombre de LEDs et volume sonore) donne une bonne 'impression' du danger se rapprochant.

#### **2.2.2. Différence d'altitude 150 m**

Même type de trajectoire.

#### **Impression recueillie (aéronef n°2) :**

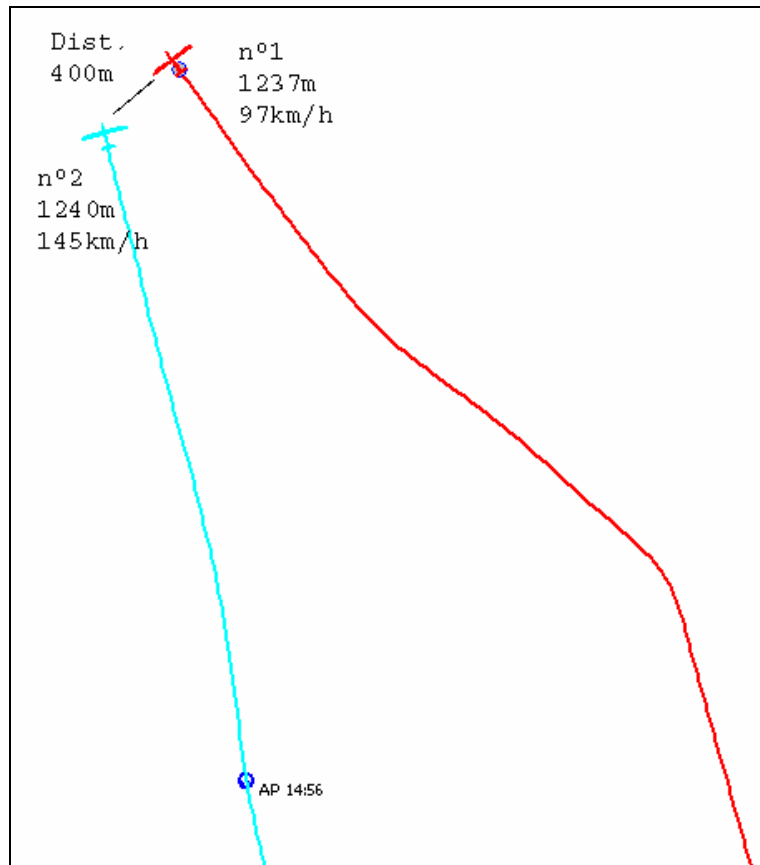
Seule l'indication de position a été perçue, aucune alarme.

#### **2.2.3. Différence d'altitude 300 m**

Idem qu'à 150m.

### **2.3. Croisement à ~20° (convergence lente)**

Cette situation étant très dangereuse (nous avons tendance à regarder devant et pas sur les côtés), nous avons trouvé intéressant de la tester :



L'alarme pour l'appareil n°1 est apparue à cet instant, la distance latérale était alors de 400m.

#### **Impression recueillie (aéronef n°1 et 2) :**

L'alarme est survenue suffisamment tôt et la gradation nous a paru correcte.

## **2.4. Rapprochement par l'arrière**

Cette configuration a été essayée, et les alarmes données ont été parfaitement correctes. Il est à relever qu'il est fort désagréable d'avoir une alarme provenant de l'arrière et de ne pas arriver à voir l'aéronef se rapprochant. Cependant, à notre avis, c'est tout de même intéressant car il peut y avoir des cas où cela nous permet de détecter un autre aéronef que nous n'aurions pas vu avant de virer. L'alarme étant basée sur le temps avant impact, si la vitesse de rapprochement est faible, l'alarme surviendra tard et ne devrait donc ainsi pas trop déranger.

## **2.5. Vol en patrouille**

Le vol en patrouille reste délicat : à partir d'une certaine distance, les alarmes restent quasi permanentes malgré des trajectoires non convergentes. Des tests plus approfondis seraient encore à effectuer dans ce domaine.

## **2.6. Spirales**

### **2.6.1. Dans la même spirale**

Cet essai n'ayant été réalisé qu'avec 2 aéronefs, sa valeur est toute relative. Pour avoir des résultats proches de la réalité, il faudrait voir si le système s'en sort avec plusieurs planeurs. A

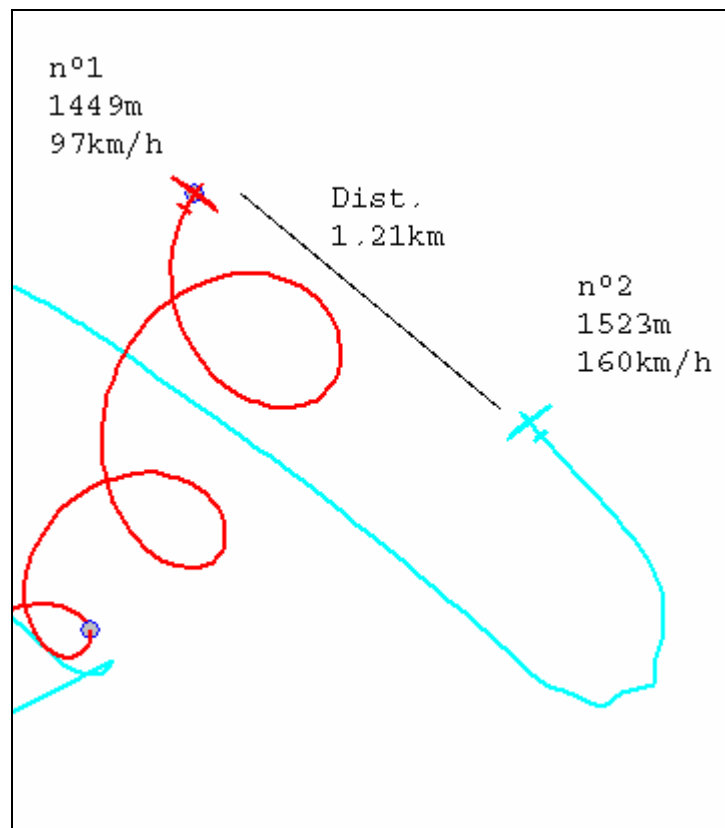


relever, qu'à un moment donné (trop grand nombre d'objets proches avec trajectoires convergentes), le système ne peut plus donner de bonnes informations, c'est au pilote d'assurer la séparation.

Avec 2 machines, le système ne donne aucune alarme si l'on vole proprement en opposition sur le cercle. Si l'on essaie de couper la spirale par l'intérieur, l'alarme survient immédiatement (dans les 2 machines). Cela pourrait être ennuyeux si elle survient trop souvent, mais nous avons estimé que cela fonctionnait bien.

### 2.6.2. Rapprochement depuis l'extérieur

C'est un cas fréquent, collision entre un planeur en spirale et un autre arrivant dans l'ascendance. Le décalage de la spirale est dû à un fort vent de sud-ouest.

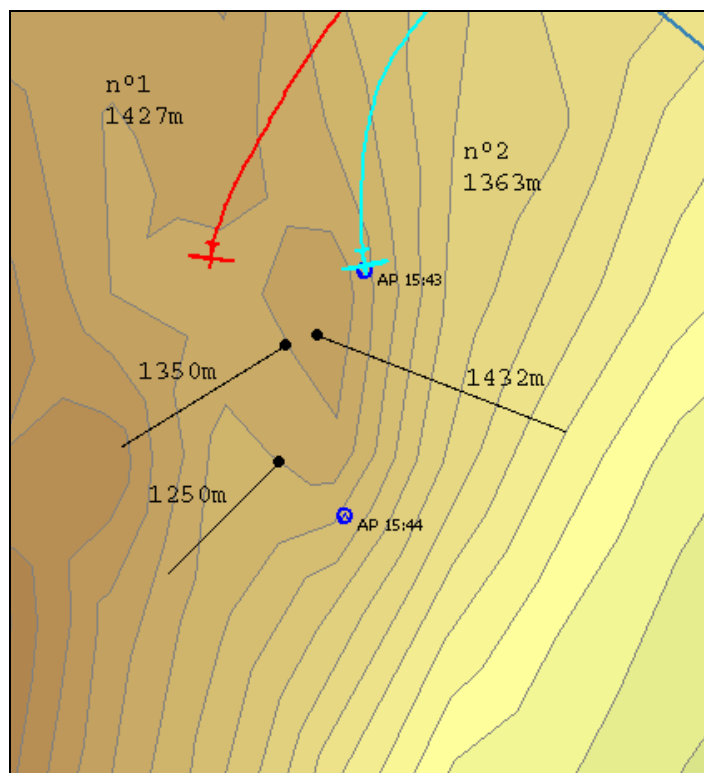


L'alarme survient avec une distance de 1.21km. La vitesse de rapprochement n'est pas évidente à évaluer, mais estimons qu'elle vaudra  $160 + 0.7 * 97$ , ce qui donne un temps avant impact de 19s environ. Cela devrait être suffisant pour trouver l'autre planeur.

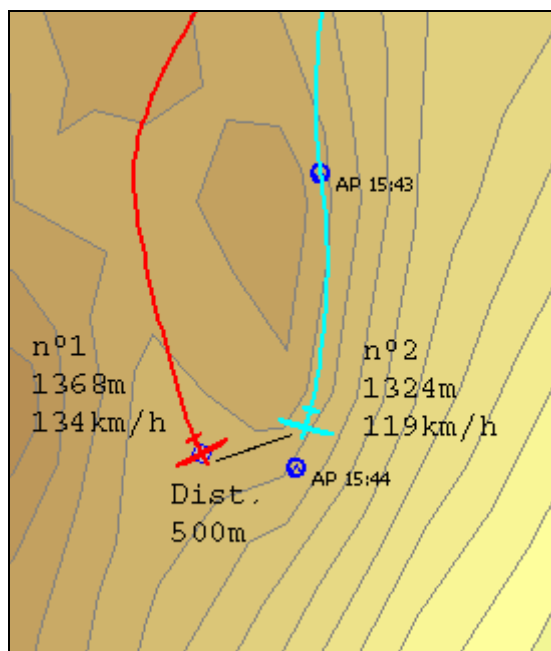
Nous avons également essayé de venir avec une bonne différence d'altitude : aucune alarme. Si nous modifions notre trajectoire (ressource), l'alarme survient immédiatement (trajectoire réévaluée toute les secondes normalement).

### 2.7. Obstacle entre les 2 appareils (terrain)

Nous étions intéressés de voir si le FLARM pourrait être utile pour des planeurs convergeant à la jointure de 2 pentes sur une arrête. L'image ci-dessous représente le moment où les FLARMS perdent la communication (terrain – Châtel, près de LSTR) :



Sur l'image suivante, c'est le moment où la communication est rétablie et l'avertissement (sonore) est donné quasi immédiatement :



**Impression recueillie (aéronef n°1 et 2) :**

Dès la reprise de la communication, le FLARM réagit très rapidement. Nous pouvons ainsi constater que la reprise d'analyse de conflit est quasi immédiate dès qu'une autre trajectoire est reçue. Sur les trajectoires IGC, il est difficile de recréer la perte de contact visuelle, mais

nous nous sommes appliqués à détecter précisément la perte de contact et le retour au contact visuel.

Ce comportement est dû à la perte de communication RF entre les FLARM. Les appareils doivent avoir le contact visuel théorique. L'appareil continue cependant à émettre sa trajectoire toutes les secondes, et dès qu'il reçoit à nouveau un autre appareil, signale immédiatement sa présence (dans le cycle, soit au maximum 1s après le rétablissement du contact radio entre appareils).

## 3. Impressions

### 3.1. Reste à tester

Il reste à évaluer le comportement avec plus de 2 appareils FLARM dans la même région (groupe de planeurs). Il serait également intéressant de voir à quel moment l'appareil change sa signalisation en fonction de l'aéronef le plus dangereux.

### 3.2. Comportement du FLARM

Les diverses alarmes qui ont été données étaient correctes. Nous pensons qu'à ce niveau le FLARM fonctionne très bien.

### 3.3. Aspects techniques

Plusieurs aspects techniques nous ont posé problème lors de ces tests.

#### 3.3.1. Acquisition de la position GPS initiale

C'est très long, plusieurs minutes. Les loggers actuels se positionnent très rapidement (moins de la minute en général). Il serait bon qu'à ce niveau le système FLARM soit amélioré.

*Réponse FLARM :*

*Les loggers ont une batterie interne et peuvent donc conserver les informations pour une initialisation rapide lors du prochain enclenchement. Pour des raisons de coût et de simplicité de construction, le FLARM n'est pas équipé ainsi, il doit donc à chaque enclenchement retrouver sa position.*

#### 3.3.2. Perte de signal GPS pour plusieurs minutes

Sur l'appareil n° 262 (aéronef n°1), nous avons perdu la réception GPS pendant plus de 5 minutes (selon indications des LEDs). Il est à relever que pendant ce temps, l'autre FLARM avait tout de même des indications de position par rapport à notre aéronef. Il se pourrait que la réception GPS était bonne mais que les indications de statut du FLARM étaient erronées (problème peut-être lié à celui du § 3.3.3).

#### 3.3.3. Panne du système sans indications

Le logger n°262 monté dans l'aéronef n°1 n'a pas fonctionné correctement. Il a donné très peu d'alarmes malgré des croisements très proches (~20m). Il ne donnait que très rarement des indications de position de l'autre aéronef. Ce qui est gênant, c'est qu'il donnait l'impression de fonctionner parfaitement (indications de statut correctes – Power, GPS, Send, Receive). Le problème a été soumis, et la réponse ci-dessous donnée après analyse :

*Réponse FLARM :*

*Nous avons analysé le problème en détail. Le problème est associé à la base de données des obstacles qui était corrompue. De ce fait, l'algorithme (recherche par arbre) était plus ou moins occupé avec lui-même. Ce problème a causé les effets suivants :*

- *L'envoi des messages de trajectoire était en ordre (broadcasting)*
- *L'autre FLARM recevait correctement les signaux de l'appareil #262*
- *Les alarmes de l'appareil en question ne fonctionnaient pas correctement*

Nous regrettons simplement le fait que le système n'ait pas détecté le problème par lui-même.

## 4. Conclusions

Le système FLARM nous a paru fonctionner tout à fait correctement. Nous récapitulons ci-dessous les divers éléments que nous avons relevés :

Avantages	Inconvénients
Indication de position relative (mode nearest), toujours de bonne qualité.	Alarme quasi permanente en vol en patrouille
Alarme donnée à juste titre (uniquement en cas de danger)	Actuellement l'énergie cinétique des aéronefs n'est pas prise en compte
Utilisation simple	Risque maximum (alarme 3 LEDs), assez tardive (impression subjective)
	Panne technique du système non signalée à l'utilisateur (pas d'alarme)

Nous nous permettons de relever les points suivants visant à l'amélioration du système :

- **Auto-diagnostic** : le système doit être capable de se mettre en mode d'erreur s'il constate qu'il n'arrive pas à communiquer une information fiable au pilote (problème technique que nous avons eu). Ce problème ne doit pas seulement être résolu par des checks qui l'empêcheront de se reproduire, mais par l'implémentation d'un système d'auto-diagnostic qui pourrait détecter n'importe quel problème (particulièrement un temps de calcul trop long).
- **Interface utilisateur** : nous pensons que l'interface actuelle pourrait conduire un pilote à regarder alternativement l'affichage LEDs et l'extérieur pour chercher un appareil signalé. Ce qui est loin d'être optimal puisque l'œil doit changer de focale rapidement et souvent. Un système auditif devrait être élaboré. Un système à vibrations a été présenté à la conférence suisse du VV le 27.11, c'est un prototype, mais il démontre certaines possibilités intéressantes.
- **Danger de mauvaise interprétation** : le FLARM vous donnera toujours une alarme sur l'objet avec un temps avant impact le plus court par rapport à vous. Admettez que vous ayez une alarme devant à droite. Vous cherchez dans cette direction et apercevez un planeur, vous allez le fixer. Le planeur que vous a signalé le FLARM n'est pas celui que vous voyez, il est plus proche de vous. Vous resterez fixé sur celui que vous avez vu sans forcément chercher un autre aéronef. Ce risque est potentiellement élevé avec les groupes de planeurs en sens inverse (à diverses altitudes, pas d'indication du système FLARM à ce niveau).

Nous pouvons constater que l'appareil fonctionne très bien, et les problèmes techniques relevés seront probablement corrigés dans une version future. Nous avons rencontré une équipe (FLARM) dynamique et très motivée. Nous espérons qu'ils vont continuer à améliorer le système afin d'en optimiser l'efficacité au maximum. Même si le système a aujourd'hui quelques défauts, le jeu en vaut la chandelle, ce système ne peut qu'améliorer la sécurité. Attention cependant à former les pilotes, cet appareil est une aide AUXILIAIRE, il ne remplace en aucun cas l'observation de l'espace aérien.

## 5. Remerciements

Nous tenons à remercier les personnes qui nous ont aidé à réaliser ces tests :

- La société FLARM (et surtout ses membres qui travaillent d'arrache-pied) : pour le prêt de 3 appareils FLARM, ainsi que pour toutes les informations et détails techniques fournis.
- Eric Lindemann : pour la mise à disposition de son motoplaneur (n°2) ainsi que sa participation en tant que pilote.
- Dominique Rupp : pilote de l'autre motoplaneur (n°1).