



*Liberté • Égalité • Fraternité*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE  
ET DES ANCIENS COMBATTANTS

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



### BEAD-air-A-2010-014-I

**Date de l'événement** 1<sup>er</sup> septembre 2010

**Lieu** Nord de l'aérodrome d'Ambérieu (Ain)

**Quasi-collision entre le Rafale B n°309 (armée de l'air, CFAS, BA 113 Saint-Dizier)  
et le MCR-4S F-PFDT (privé)**

## **AVERTISSEMENT**

### **COMPOSITION DU RAPPORT**

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

### **UTILISATION DU RAPPORT**

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

---

## **CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS**

Page de garde : sirpa air et internet

### Illustrations :

Pages : 9 (source DIRCAM), 17 (source DIRCAM) : BEAD-air

Pages : 30, 31, 32, 33, 34, 35 : armée de l'air

## TABLE DES MATIERES

<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>- 2 -</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>- 3 -</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>- 5 -</b>
<b>SYNOPSIS</b>	<b>- 6 -</b>
<b>1. Renseignements de base</b>	<b>- 7 -</b>
1.1. Déroulement des vols	- 7 -
1.1.1. Contexte des vols en cours	- 7 -
1.1.2. Description du croisement et de la poursuite des vols	- 7 -
1.1.3. Description des faits postérieurs au croisement	- 8 -
1.1.4. Localisation du croisement	- 8 -
1.2. Tués et blessés	- 9 -
1.3. Dommages aux aéronefs	- 10 -
1.4. Autres dommages	- 10 -
1.5. Renseignements sur le personnel	- 10 -
1.5.1. Équipage du Rafale leader	- 10 -
1.5.2. Équipage du Rafale équipier	- 11 -
1.5.3. Pilote du MCR-4S	- 12 -
1.6. Renseignements sur les aéronefs	- 12 -
1.6.1. Patrouille MASTIFF LIMA	- 12 -
1.6.2. MCR-4S F-PFDT	- 12 -
1.7. Conditions météorologiques	- 13 -
1.8. Aides à la navigation	- 13 -
1.9. Télécommunications	- 13 -
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	- 13 -
1.11. Enregistreurs de bord	- 14 -
1.11.1. Patrouille MASTIFF LIMA	- 14 -
1.11.2. MCR-4S	- 14 -
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	- 14 -
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	- 14 -
1.14. Incendie	- 14 -
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	- 14 -
1.16. Essais et recherches	- 14 -
1.17. Renseignements sur les organismes	- 15 -
1.17.1. Groupe de travail sur la compatibilité des circulations en basse et très basse altitude	- 15 -
1.18. Renseignements supplémentaires	- 15 -
1.18.1. Restitutions radars	- 15 -
1.18.2. Enregistrements SNER de Lyon	- 15 -
1.18.3. Occurrences d'AIRPROX mixtes dans des circonstances similaires	- 16 -
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	- 16 -
<b>2. Analyse</b>	<b>- 17 -</b>
2.1. Reconstitution de la séquence d'événements	- 17 -
2.1.1. Trajectoires	- 17 -
2.1.2. Chronologie	- 18 -
2.1.3. Circonstances du croisement	- 19 -
2.2. Analyse des causes de la quasi-collision	- 20 -
2.3. Analyse des causes de l'absence de détection visuelle réciproque	- 20 -
2.3.1. Rappel de la problématique de la détection et de l'évitement d'un aéronef en vol	- 20 -
2.3.2. Analyse des phases de vol concernées	- 21 -
2.4. Analyse des possibilités d'alerte des équipages	- 23 -
2.4.1. Détection par le radar embarqué des Rafale	- 23 -
2.4.2. Analyse des échanges sur la fréquence d'Ambérieu	- 24 -
2.4.3. Service d'information de vol	- 24 -

<b>3. Conclusion</b>	- 25 -
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	- 25 -
3.2. Causes de l'événement	- 26 -
<b>4. Recommandations de sécurité</b>	- 27 -
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	- 27 -
4.1.1. Compatibilité des circulations CAG/VFR et CAM V en basse altitude	- 27 -
4.1.2. Gestion du risque de collision lors des phases tactiques	- 28 -
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	- 28 -
<b>ANNEXES</b>	- 29 -
<b>ANNEXE 1 Traces radars (source CDC Lyon Mont Verdun)</b>	- 30 -
<b>ANNEXE 2 Arrêts sur image extraits de la vidéo CTH du Rafale leader</b>	- 33 -
<b>ANNEXE 3 Occurrences d'AIRPROX CAM/CAG en espace de classe G</b>	- 36 -
<b>ANNEXE 4 Liste de documents traitant des limites de la règle « voir et éviter » et de la méthodologie de surveillance du ciel</b>	- 44 -

**GLOSSAIRE**

ACAS	<i>Airborne collision avoidance system</i>
BA	Basse altitude
BEA	Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile
BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense - air
CAG	Circulation aérienne générale
CAM	Circulation aérienne militaire
CDC	Centre de détection et de contrôle
CFAS	Commandement des forces aériennes stratégiques
CMSA	Commission mixte de sécurité de la gestion du trafic aérien
CTH	Collimateur tête haute
DIRCAM	Direction de la circulation aérienne militaire
DTA	Direction du transport aérien
EC	Escadron de chasse
ft	<i>Feet</i> - Pieds (1 ft=0,3048m)
kt	<i>Knots</i> - Nœud (1 kt = 1,852 km/h)
Nm	<i>Nautical mile</i> - Mille nautique (1 Nm=1852 m)
NOSA	Navigateur officier systèmes d'armes
SIV	Secteur d'information de vol
SNER	Serveur numérique d'enregistrement et de restitution des images radar, de la radio et du téléphone
TBA	Très basse altitude
TMA	Zone de contrôle terminale
UHF	<i>Ultra high frequency</i> – Ultra haute fréquence
VFR	<i>Visual flight rules</i> - Règles de vol à vue
VHF	<i>Very high frequency</i> – Très haute fréquence

## SYNOPSIS

Date de l'événement : mercredi 1<sup>er</sup> septembre 2010 vers 10 h 10 locales.

Lieu de l'événement : environ 3 Nm au nord de l'aérodrome d'Ambérieu (Ain).

Organisme : armée de l'air.

Commandement organique : commandement des forces aériennes stratégiques (CFAS).

Unité : escadron de chasse (EC) 01.091 « Gascogne », base aérienne (BA) 113 de Saint-Dizier.

Aéronefs :

- Dassault Aviation Rafale B n°309
- Nature du vol : mission d'entraînement à l'assaut basse altitude
- Nombre de personnes à bord : 2, pilote et navigateur officier système d'armes (NOSA)
- Dyn'aéro MCR-4S immatriculé F-PFDT
- Propriétaire : privé
- Nature du vol : vol à vue d'Ambérieu (LFXA) à Nuits Saint Georges (LFGZ)
- Nombre de personnes à bord : 1

### Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Le pilote du MCR-4S en montée après le décollage d'Ambérieu signale par radio qu'il vient d'être survolé à quelques mètres par un Rafale. Il indique avoir subi de fortes turbulences. Il dépose un compte-rendu d'événement de type AIRPROX<sup>1</sup> le lendemain.

### Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air)
- Un enquêteur adjoint du BEAD-air
- Un officier pilote de l'armée de l'air
- Un navigateur officier systèmes d'armes NOSA

### Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air est prévenu de l'événement le 2 septembre vers 10 h 00 par la permanence du bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA).

Le BEA a également ouvert une enquête technique.

### Enquête judiciaire

Néant.

---

<sup>1</sup> La procédure AIRPROX (acronyme pour « AIRcraft PROXimity ») est le moyen approprié dont dispose un commandant de bord pour informer les organismes de la circulation aérienne lorsqu'il pense se trouver dans une situation dans laquelle la distance entre des aéronefs, se déplaçant par leurs propres moyens, ainsi que leurs positions et vitesses relatives, ont été telles que la sécurité des aéronefs en cause peut avoir été compromise en vol ou au sol sur l'aire de manœuvre (source DIRCAM).

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement des vols

#### 1.1.1. Contexte des vols en cours

Patrouille des deux Rafale B :

- Leader : Rafale F-UHHB n° 309 ; équipier : Rafale F-UHHI n° 313.
- Indicatif mission : MASTIFF LIMA.
- Type de vol : CAM V<sup>2</sup>.
- Type de mission : mission d'entraînement à l'assaut.
- Dernier point de départ : BA 113 Saint-Dizier.
- Heure de décollage : 9 h 47.
- Point d'atterrissage prévu : BA 113 Saint-Dizier.

La mission comporte une attaque fictive du terrain d'Ambérieu avec un armement air/sol. La patrouille se présente au-dessus des reliefs situés au nord-est du terrain, au cap sud en accélération vers 435 kt et en montée vers 3100 ft. Il est prévu de contourner la zone d'aérodrome<sup>3</sup> par l'ouest puis le sud du terrain. Les appareils ont affiché le code transpondeur 0300 (mode 3/A +C) utilisé en CAM V.

MCR-4S F-PFDT :

- Type de vol : CAG VFR<sup>4</sup>.
- Dernier point de départ : Ambérieu (LFXA).
- Heure de départ : vers 10h05.
- Point d'atterrissage prévu : Nuits Saint Georges (LFGZ).

Le pilote effectue seul à bord un vol privé d'Ambérieu vers Nuits Saint Georges où il prévoit de faire réaliser une opération de maintenance sur l'appareil. Il décolle de la piste 01 et monte vers 3000 ft d'altitude vers le nord. Il a affiché le code transpondeur CAG VFR 7000. Le pilote est propriétaire de l'appareil basé à Ambérieu.

#### 1.1.2. Description du croisement et de la poursuite des vols

Cette description est basée sur les témoignages des équipages et sur les données de l'enregistreur de vol et de la vidéo du collimateur tête haute (CTH) du Rafale leader.

La patrouille MASTIFF LIMA, en phase d'attaque, vire à droite vers le sud-ouest en accélérant et en descendant vers la vallée de l'Ain. Durant ce virage, le leader s'annonce sur la fréquence d'auto-information d'Ambérieu (« *Ambérieu Ambérieu des MASTIFF LIMA bonjour* »). L'équipier se positionne sur la droite du leader à environ un nautique en arrière, en étagement positif.

<sup>2</sup> CAM V : vol effectué suivant les règles de la circulation aérienne militaire à vue.

<sup>3</sup> Cette zone est matérialisée sur les cartes de navigation à l'échelle 1/500 000 éditées par la DIRCAM par un cercle de diamètre 2.8 Nm centré sur le terrain.

<sup>4</sup> CAG VFR : vol effectué suivant les règles de la circulation aérienne générale, en vol à vue.

Alors que le Rafale leader termine son virage vers l'ouest, le pilote du MCR s'annonce en sortie de circuit sur la fréquence d'auto information d'Ambérieu (« *Ambérieu Fox Delta Tango en sortie de circuit je quitte la fréquence merci et à plus tard* ») puis contacte Lyon Info.

Alors qu'il achève son annonce sur cette fréquence, le pilote du MCR aperçoit le Rafale leader très proche et ressent simultanément de fortes turbulences qui provoquent la chute de son casque. Puis il aperçoit le Rafale équipier. Il poursuit ensuite son vol.

L'équipage du Rafale leader n'a pas de visuel sur le MCR. Aucun appareil n'a effectué de manœuvre d'évitement.

### 1.1.3. Description des faits postérieurs au croisement

Le pilote de l'appareil équipier a le visuel du MCR travers gauche légèrement plus bas, à une distance estimée entre 100m et 150 m. Il le signale au leader une fois la phase d'attaque terminée. La patrouille poursuit son vol et se pose à 11 h 17 à Saint-Dizier.

Deux minutes après le croisement, le pilote du MCR établit le contact avec Lyon Info et signale l'incident. Il indique qu'il a subi des turbulences qui ont provoqué la chute de son casque et que l'appareil croisé est passé à 10 m au-dessus de lui. Le contrôleur lui confirme la présence d'un avion militaire qui est alors derrière lui à 2000 ft/500 kt, et qu'il n'a pas de contact avec lui.

Le pilote du MCR-4S a ensuite une conversation en vol avec un contrôleur de Lyon durant laquelle il précise les circonstances de l'incident, puis ils conviennent de poursuivre l'échange par téléphone.

Le pilote poursuit son vol sans incident, se pose à Nuits Saint Georges d'où il rappelle le centre de contrôle de Lyon.

L'inspection de l'appareil ne révèle pas d'endommagement.

Le pilote dépose le lendemain auprès du bureau régional d'information aéronautique de Lyon (BRIA) un compte-rendu d'événement lié à la sécurité de la circulation aérienne de type AIRPROX.

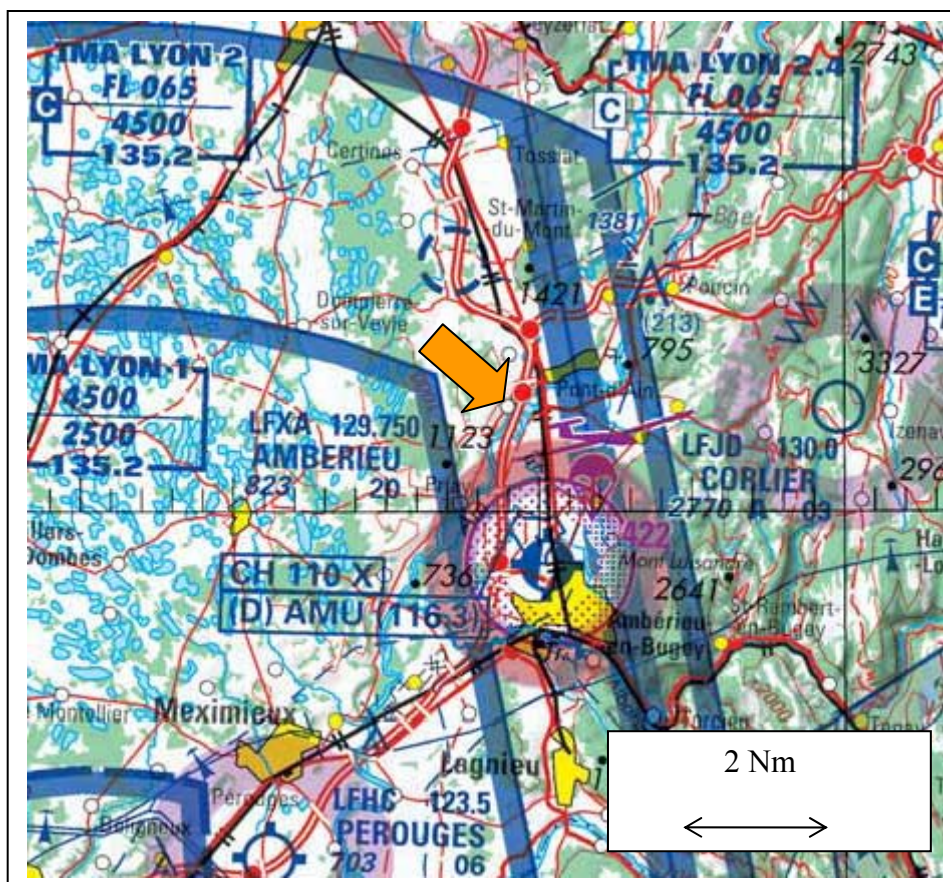
### 1.1.4. Localisation du croisement

– Lieu :

- pays : France
- aux alentours de la commune de Varambon, à 3,2 Nm dans le 340° du terrain d'Ambérieu (Ain)
- coordonnées :
  - N 46° 02' 30''
  - E 005° 19' 00''
- altitude de la zone : environ 800 ft

– Moment : jour





Localisation du lieu du croisement sur la carte DIRCAM 1/500 000

## 1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	3		

### 1.3. Dommages aux aéronefs

Aéronefs	Disparus	Détruits	Endommagés	Intègres
				X

### 1.4. Autres dommages

Néant.

### 1.5. Renseignements sur le personnel

#### 1.5.1. Équipage du Rafale leader

##### 1.5.1.1. Pilote

- Age : 32 ans
- Unité d'affectation : EC 01.091
- Qualification : chef de patrouille
- Année de sortie d'école : 2000
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale
Total (h)	2100	580	90	90	18	18

- Date du dernier vol : 30 août 2010
- Carte de circulation aérienne :
  - type : verte
  - date d'expiration : 8 juin 2011

##### 1.5.1.2. NOSA

- Age : 40 ans
- Unité d'affectation : EC 01.091
- Qualification : chef navigateur
- Année de sortie d'école : 1995

- Heures de vol comme NOSA :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale
Total (h)	3200	760	65	65	7h30	7h30

- Date du dernier vol : 31 août 2010

### 1.5.2. Équipage du Rafale équipier

#### 1.5.2.1. Pilote

- Age : 34 ans
- Unité d'affectation : EC 01.091
- Qualification : chef de patrouille
- Année de sortie d'école : 2001
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale
Total (h)	2000	70	65	65	10h05	10h05

- Date du dernier vol : 31 août 2010.
- Carte de circulation aérienne :
  - type : verte
  - date d'expiration : 19 février 2011

#### 1.5.2.2. NOSA

- Age : 35 ans
- Unité d'affectation : EC 01.091
- Qualification : chef navigateur
- Année de sortie d'école : 2000
- Heures de vol comme NOSA :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale	Sur tous types	Dont sur Rafale
Total (h)	2500	500	80	80	5h05	5h05

- Date du dernier vol : 31 août 2010

### 1.5.3. Pilote du MCR-4S

- Age : 62 ans
- Brevets : instructeur pilote de ligne en retraite, instructeur
- Total heures de vol sur tous types : 19 810 h

## 1.6. Renseignements sur les aéronefs

### 1.6.1. Patrouille MASTIFF LIMA

- Base aérienne de stationnement : BA 113 Saint-Dizier
- Unité d'affectation : EC 01.091
- Type d'aéronef : Rafale biplace au standard F3
- Caractéristiques en rapport avec l'événement :
  - radar RBE2 modes air/air et air/sol
  - Transpondeur
  - interrogateur IFF
  - 2 radios : poste « vert » V-UHF, poste « rouge » UHF
  - feux anticollision, de formation, de navigation : réglés sur « fort » de jour
  - livrée Rafale (gris)
  - non équipé d'équipement de type ACAS (*airborne collision avoidance system*)

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol pouvant avoir un lien avec l'événement.

### 1.6.2. MCR-4S F-PFDT

Le MCR-4S est un appareil quadriplace à aile basse, en structure composite, certifié en CNRA<sup>5</sup> en catégorie normale (concepteur société Dyn'aéro). Ses caractéristiques en rapport avec l'événement sont :

- envergure : 8,66 m
- longueur : 6,72 m
- hauteur au sol : 1,95 m
- vitesse de croisière de 130 à 140 kt
- équipé de 2 feux anticollision (sous les *winglets*)

L'appareil F-PFDT :

- est équipé d'une radio VHF, d'un transpondeur avec report d'altitude, d'un GPS<sup>6</sup> ;
- n'est pas équipé d'équipement de type ACAS ;
- est de couleur blanche.

---

<sup>5</sup> CNRA : certificat de navigabilité restreint d'aéronefs.

<sup>6</sup> Les données du GPS n'ont pas été récupérées.

## 1.7. Conditions météorologiques

Le ciel est dégagé sur l'ensemble de la région lyonnaise, sous un régime anticyclonique. Les conditions estimées par Météo France au sol sur la zone de l'événement sont les suivantes :

- ciel clair, aucun phénomène
- visibilité 40 km
- température 14°C, humidité 65 %
- vent moyen 2 kt, tendance du secteur nord-est

La vidéo CTH du Rafale leader montre l'absence de brume et de nébulosité dans la zone.

Les conditions météorologiques sont compatibles avec les règles de vol à vue en CAG VFR<sup>7</sup> régissant le vol du MCR et avec les règles de CAM V de jour<sup>8</sup> régissant celui de la patrouille MASTIFF LIMA, dans le type d'espace concerné par cet événement.

- Heure de lever du soleil le 1<sup>er</sup> septembre : 7 h 01
- Au moment de l'incident, la position du soleil était de 113° en azimut pour une hauteur de 32° au-dessus de l'horizon

## 1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9. Télécommunications

Les moyens radios de la patrouille et du MCR étaient opérationnels.

La patrouille est en émission-réception sur la fréquence UHF d'auto information défense<sup>9</sup>, et veille également la fréquence garde UHF (poste rouge).

Le Rafale leader sélectionne sur le poste vert la fréquence VHF d'Ambérieu environ 5 minutes avant le croisement.

Le MCR-4S sélectionne la fréquence VHF d'auto information d'Ambérieu pour son départ de celui-ci puis quitte cette fréquence et contacte Lyon Info juste avant le croisement.

La fréquence d'Ambérieu n'est pas enregistrée. Celle de Lyon Info est enregistrée (cf. 1.18.2).

## 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome d'Ambérieu est un aérodrome militaire ouvert à la circulation aérienne publique. Il dispose d'une fréquence d'auto information spécifique. Il dispose également d'une fréquence tour activable par NOTAM<sup>10</sup>. Cette fréquence est rarement activée, elle ne l'était pas le jour de l'événement.

L'aérodrome est interdit aux aéronefs non munis de radio.

---

<sup>7</sup> Définies dans les règles de l'air (RDA chapitre 4, règles de vol à vue).

<sup>8</sup> Définies dans les règles de la CAM (RCAM, chapitre 4, règles de vol CAM à vue).

<sup>9</sup> Les communications sont effectuées en français ou en anglais sur cette fréquence.

<sup>10</sup> NOTAM : notice to airmen.

## **1.11. Enregistreurs de bord**

### **1.11.1. Patrouille MASTIFF LIMA**

Le Rafale est équipé notamment :

- d'un enregistreur de vol de type ESPAR NG à mémoires statiques ;
- d'un enregistrement vidéo multiplexé sur cassette Hi8 des différentes visualisations, dont le collimateur tête haute (CTH), ainsi que le signal audio des postes avant/arrière.

Les données de l'enregistreur de paramètres de vol et de l'enregistrement vidéo sur cassette Hi8 de l'appareil leader étaient valides et ont été exploitées.

Le MCR-4S est visible sur la vidéo CTH. Des arrêts sur image figurent en annexe 2.

### **1.11.2. MCR-4S**

Les données du GPS n'ont pas été extraites.

## **1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact**

Sans objet.

## **1.13. Renseignements médicaux et pathologiques**

Les équipages sont médicalement aptes au vol.

## **1.14. Incendie**

Sans objet.

## **1.15. Questions relatives à la survie des occupants**

Sans objet.

## **1.16. Essais et recherches**

Néant.

## 1.17. Renseignements sur les organismes

### 1.17.1. Groupe de travail sur la compatibilité des circulations en basse et très basse altitude

Le directoire de l'espace aérien a créé en novembre 2007 le groupe permanent Régulateurs-Prestataires-Usagers sur la compatibilité des circulations aériennes civile et militaire en basse (BA<sup>11</sup>) et très basse altitude (TBA<sup>12</sup>). Ce groupe permanent s'inscrit dans la continuité d'un groupe de travail créé sur le sujet en 2003. Il se réunit deux fois par an et est co-présidé par la direction du transport aérien (DTA) et la direction de la circulation aérienne militaire (DIRCAM) et réunit :

- Les régulateurs ci-dessus ainsi que les structures mixtes associées : comités régionaux de gestion de l'espace aérien (CRG), commission mixte de sécurité de la gestion du trafic aérien (CMSA) ;
- Le prestataire civil des services de la circulation aérienne : direction des services de la navigation aérienne (DSNA) ;
- Les prestataires militaires des services de la circulation aérienne et usagers de la défense (EMAA, CFA, CFAS, ALAVIA, COMALAT, CEV) ;
- des représentants d'usagers de l'aviation légère et sportive (FFA, FFPLUM, FFVV, etc.).

Le mandat de ce groupe prévoit le suivi de la mise œuvre des recommandations sur l'amélioration de la sécurité et la compatibilité des circulations aériennes civile et militaire en BA et TBA, adoptées par le Directoire ou suite à des événements aériens, et de mener des réflexions de groupe sur ces sujets. Il prévoit également de favoriser et d'émettre des propositions concernant les actions de sensibilisation et de communication vers les usagers.

## 1.18. Renseignements supplémentaires

### 1.18.1. Restitutions radars

Les trois appareils ont été détectés par les radars utilisés par le centre de détection et de contrôle (CDC) de Lyon Mont-Verdun et par le service de la navigation aérienne Centre-Est de Lyon St-Exupéry.

Les facteurs de détection sont de qualité maximum.

Des tracés fournis par le CDC font l'objet de l'annexe 1.

### 1.18.2. Enregistrements SNER de Lyon

Les enregistrements SNER<sup>13</sup> du service de la navigation aérienne Centre-Est de Lyon St-Exupéry ont été mis à disposition des enquêteurs. Ils comprennent notamment :

- la vidéo de l'image radar du poste de contrôle concerné ;
- les communications sur la fréquence de Lyon Info.

<sup>11</sup> BA : hauteur de vol comprise entre 1500 et 5000 ft.

<sup>12</sup> TBA : hauteur de vol comprise entre 500 et 1500 ft.

<sup>13</sup> SNER : serveur numérique d'enregistrement et de restitution des images radar, de la radio et du téléphone.

### 1.18.3. Occurrences d'AIRPROX mixtes dans des circonstances similaires

Des évènements similaires, du point de vue des types de circulations aériennes et de l'espace aérien concernés, sont recensés en annexe 3.

### **1.19. Techniques spécifiques d'enquête**

Néant.



## 2. ANALYSE

L'analyse comprend :

- la reconstitution de la séquence d'événements (§ 2.1) ;
- l'analyse des causes (§ 2.2 à 2.4).

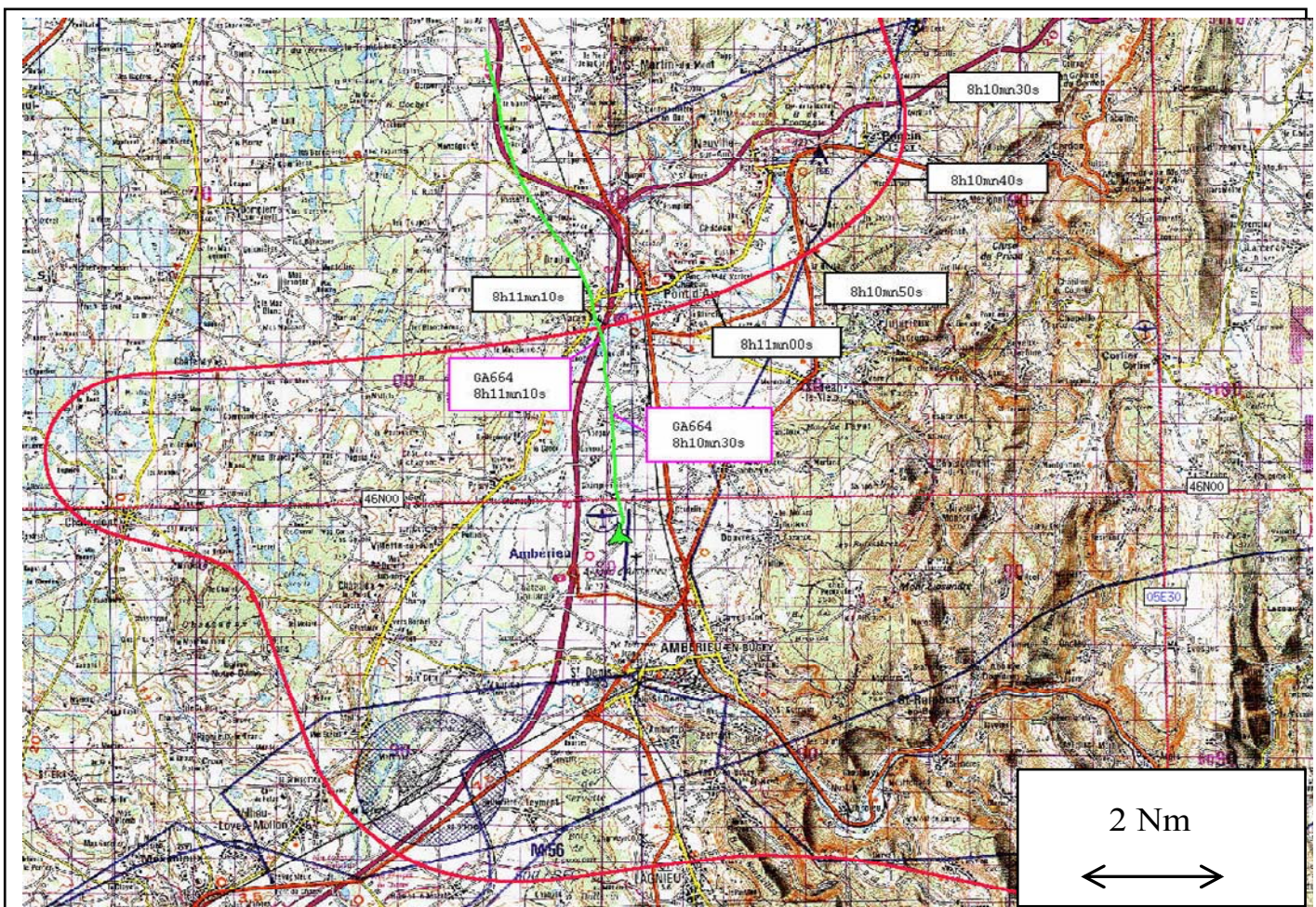
### 2.1. Reconstitution de la séquence d'événements

#### 2.1.1. Trajectoires

Les trajectoires figurant sur la carte IGN 1/100 000 ci-dessous sont issues :

- pour le Rafale leader, de l'enregistreur de vol ;
- pour le MCR, de la restitution radar.

Les temps encadrés sont basés sur les restitutions radars.



Trajectoires du Rafale leader (en rouge) et du MCR (en vert)

Le tableau ci-dessous montre l'évolution de la distance et du gisement du MCR vu du Rafale leader (source radar CDC), avant l'instant du croisement (T0).

	Distance Leader-MCR (Nm)	Route du Leader	Gisement du MCR vu du Leader
T0-1min 50s	14.6	170°	15° droite
T0-1min 40s	13.4	166°	21° droite
T0-1min 30s	12	163°	27° droite
T0-1min 20s	10.7	161°	33° droite
T0-1min 10s	9.4	162°	36° droite
T0-1min	8.1	162°	42° droite
T0-50s	7	163°	49° droite
T0-40s	6	164°	58° droite
T0-30s	4.8	183°	50° droite
T0-20s	3.3	207°	38° droite
T0-10s	1.6	250°	9° gauche
T0-quelques dixièmes de seconde	0.13	256°	45° gauche

### 2.1.2. Chronologie

La chronologie ci-dessous est établie à partir :

- des témoignages ;
- de la vidéo CTH et de l'enregistreur de vol du Rafale leader ;
- de l'enregistrement SNER de Lyon.

T0-environ 5min	Décollage MCR-4S
T0-environ 4min30	La patrouille entre dans le secteur d'information de vol (SIV) de Lyon.
T0-4 min	Le leader se met en écoute de la fréquence d'Ambérieu.
T0-40s	Le leader débute le virage à droite vers un cap 245° (passage en phase d'attaque).
T0-39s	Annonce de l'équipier : « ... (incompréhensible)... trafic à 11h plus haut sans danger pour l'instant ».
T0-34s	La patrouille s'annonce sur la fréquence d'Ambérieu : « Ambérieu Ambérieu des MASTIFF LIMA bonjour ».
T0-19s	Le pilote du MCR-4S s'annonce en sortie de circuit : « Ambérieu Fox Delta Tango en sortie de circuit je quitte la fréquence merci et à plus tard ».
T0-12s	Le leader réalise une première correction de cap vers le cap 255° suivie d'une brève stabilisation ailes à plat.
T0-4s	Le leader initie une deuxième correction de cap plus franche à droite.
T0-2s	Le pilote du MCR-4S appelle la fréquence Lyon Info.
<b>T0</b>	<b>croisement</b>
T0+1 min	La patrouille renouvelle son appel sur la fréquence d'Ambérieu : « Ambérieu bonjour des Mastiff Lima ».
T0+1 min 54s	L'équipier annonce le croisement au leader.
à partir de T0+2 min	Le pilote du MCR-4S établit le contact avec Lyon Info et signale le croisement : « ... j'ai failli me prendre une collision avec un Jaguar... avec un... ».

Le contrôleur Lyon Info répond : « ...affirm... Il y a un appareil militaire à 1800 ft 500 kt qui est actuellement derrière vous, qui est en train de virer, a priori il va peut-être revenir vers vous ».

Le pilote du MCR répond : « ... je remonte à 3000 ft...il est passé à 10 mètres au-dessus de moi ».

Le contrôleur répond : « je suis désolé on y peut vraiment rien...vous n'étiez pas en contact et on n'avait pas l'appareil militaire en contact non plus ».

Le pilote du MCR répond : « ...oui affirm...c'est le VFR... j'étais en train de vous appeler ».

T0+3min

La patrouille contacte Chambéry.

### 2.1.3. Circonstances du croisement

L'annexe 2 présente des arrêts sur image extraits de la vidéo CTH.

Le MCR-4S est discernable après plusieurs visualisations de cette vidéo environ 15 secondes avant le croisement<sup>14</sup>, dans le secteur « 10 h à 11 h » du Rafale. La distance séparant les deux appareils est alors d'environ 2 Nm.

Puis le phénomène de quasi-fixité de l'appareil en trajectoire conflictuelle est présent.

Enfin, le Rafale vire à droite et le MCR-4S disparaît du champ de vision de la caméra juste avant le croisement, à l'extérieur du virage.

Au moment du croisement, le Rafale leader est :

- en correction de cap vers la droite à 50° d'inclinaison, au cap 260° ;
- à une altitude de 2500 ft en légère descente (vers 1800 ft sol) ;
- à une vitesse indiquée de 495 kt, en légère augmentation.

Le MCR est :

- en montée ailes à plat, cap au 350° ;
- à une vitesse de l'ordre de 100 kt.

Le MCR-4S est constamment en étagement négatif par rapport au Rafale, sur un arrière-plan contrasté composé de parties sombres (forêts) et claires (champs).

Les trajectoires sont quasiment perpendiculaires. La vitesse de rapprochement est de l'ordre de 500 kt. L'espacement minimal n'est pas précisément mesurable à partir de la vidéo. Cependant, il ressort que le croisement est effectivement conflictuel et relève d'une quasi-collision.

**Cet événement est une quasi-collision.**

**Les trajectoires sont presque perpendiculaires.**

**La vitesse de rapprochement est de l'ordre de 500 kt (environ 260 m/s).**

<sup>14</sup> Cette vidéo ne reflète pas ce qu'aurait pu voir le pilote : notamment, le champ de vision n'est pas identique à celui du pilote.

## 2.2. Analyse des causes de la quasi-collision

Le croisement a lieu à 3,2 Nm au nord du terrain d'Ambérieu, en dehors de la circulation d'aérodrome, vers 2500 ft d'altitude.

Le MCR évolue en espace aérien de classe G depuis le décollage d'Ambérieu. La patrouille MASTIFF LIMA évolue également dans ce type d'espace depuis plusieurs minutes et vient de s'engager sous la TMA au moment du croisement.

Dans la zone, cet espace couvre la tranche comprise entre le sol et l'altitude de 4500 ft, plancher de la TMA<sup>15</sup> de Lyon.

L'anticollision incombe aux pilotes et est fondée sur le principe « voir et éviter ». Ceci est valable entre aéronefs en CAG VFR, entre aéronefs en CAM V, et également entre aéronefs évoluant au titre de ces deux circulations.

Dans ce principe, les équipages doivent voir suffisamment tôt l'autre aéronef pour éventuellement adapter leur trajectoire et effectuer le croisement avec un espacement suffisant<sup>16</sup>. Si la détection est trop tardive, une manœuvre d'évitement peut être nécessaire.

En l'occurrence, l'équipage du Rafale leader n'a jamais eu le visuel du MCR et le pilote du MCR n'a aperçu le Rafale qu'au dernier moment. Aucune manœuvre d'évitement n'a donc pu être engagée.

**Les appareils évoluent en VMC en espace aérien de classe G, dans lequel l'anticollision est basée sur le principe « voir et éviter ».**

**La quasi-collision est consécutive à l'absence de détection visuelle des équipages pouvant leur permettre de modifier leurs trajectoires.**

## 2.3. Analyse des causes de l'absence de détection visuelle réciproque

### 2.3.1. Rappel de la problématique de la détection et de l'évitement d'un aéronef en vol

La probabilité de détection visuelle d'un aéronef en vol dépend de nombreux facteurs. Ces facteurs relèvent ou non des circonstances du vol et interagissent pour l'augmenter ou la diminuer dans une situation par nature très dynamique :

- temps consacré par l'équipage à la surveillance du ciel : nombre de membres d'équipage effectuant une surveillance, niveau de la charge de travail ;
- efficacité de cette surveillance, celle-ci dépendant elle-même :
  - de la méthode employée (balayage visuel) ;
  - de l'acuité visuelle des pilotes ;
  - des caractéristiques et des limites physiologiques de la vision humaine : champ de vision, vision périphérique ou fovéale (centrale), etc.

<sup>15</sup> TMA : terminal area.

<sup>16</sup> Les règles de l'air mentionnent des règles de priorité en cas de convergence des trajectoires, permettant notamment d'éviter des manœuvres non coordonnées.

- du champ de vision disponible : position de l'observateur par rapport à la direction de rapprochement de l'appareil conflictuel, obstacles présentés par les montants de la cabine, ou résultant des évolutions de l'appareil ;
  - des conditions environnementales : vol de nuit ou de jour, visibilité résultant des conditions météorologiques, éblouissement dû au soleil ;
  - de l'état des pare-brises ;
- conséquences de la géométrie des trajectoires : quasi fixité d'un aéronef en trajectoire conflictuelle, angle visuel de la cible plus ou moins grand à un instant donné en fonction de la vitesse de rapprochement, positions respectives des points de mire de deux aéronefs convergents à des vitesses différentes, étagement ;
  - circonstances liées au lieu du rapprochement : nature du contraste avec l'arrière-plan ;
  - caractéristiques de la « cible » : dimensions, livrées, feux.

Cette détection doit se faire suffisamment tôt pour permettre l'évitement, d'autres facteurs intervenant alors, notamment :

- temps nécessaire pour engager une manœuvre d'évitement : processus de traitement de l'information représentée par l'aéronef conflictuel, puis d'action sur les commandes ;
- capacité et marge de manœuvre de l'appareil.

Il faut aussi remarquer que des manœuvres d'évitement, par nature réalisées dans l'urgence, peuvent augmenter la probabilité de collision (cas de mise en virage des deux appareils).

Des documents et études traitant de ces limites et de la méthode de surveillance du ciel sont listés en annexe 4.

### 2.3.2. Analyse des phases de vol concernées

Comme indiqué ci-dessus, les circonstances du rapprochement de deux appareils et la surveillance du ciel effectuée par les équipages s'inscrivent dans une dynamique qu'il n'est pas aisé de reconstituer. Les témoignages, l'analyse des vols, les données relatives aux limites physiologiques peuvent cependant permettre de cerner un scénario menant à l'absence d'acquisition visuelle et de dégager des facteurs contributifs.

#### 2.3.2.1. S'agissant des deux appareils en trajectoire conflictuelle

En vol de jour par bonne luminosité, les feux de type anticollision ou de navigation équipant ces appareils ne peuvent favoriser la détection visuelle.

La visibilité est favorable à la détection visuelle (excepté face au soleil en ce qui concerne le pilote du MCR, voir ci-dessous).

Concernant la géométrie des trajectoires :

- les appareils sont dans le champ de vision de l'un et l'autre des pilotes<sup>17</sup> ;
- cependant, le phénomène de quasi-fixité d'un appareil en trajectoire convergente n'est pas favorable à la détection, le système de vision humain étant plus adapté pour repérer les mouvements ;

<sup>17</sup> Etant donné la grande différence de vitesse des deux appareils, le Rafale aurait pu ne pas être dans le champ de vision du pilote du MCR-4S tout en étant sur une trajectoire conflictuelle.

- la différence de vitesse est telle (rapport de 1 à 5) que la vitesse de rapprochement est élevée (supérieure à 400 kt) quelles que soient les trajectoires ;
- cette vitesse de rapprochement élevée est un facteur défavorable à la détection pour les équipages des deux appareils :
  - la dimension angulaire de la cible est encore faible peu de temps avant le croisement, les limites de l'acuité visuelle empêchent alors sa détection ; puis l'angle augmente rapidement lorsque que l'appareil se rapproche, mais le temps offert pour l'évitement peut être trop court ;
  - le processus de surveillance du ciel par saccade oculaire nécessite du temps pour balayer les différents secteurs du champ de vision : le délai entre deux surveillances d'un secteur donné<sup>18</sup> peut être supérieur au temps offert avant la collision, ce qui rend impossible la détection :
    - ceci est patent pour le pilote de l'avion lent ;
    - ce phénomène est par contre atténué pour le pilote de l'avion rapide, dans une certaine mesure<sup>19</sup>, par le fait que pour la même raison (vitesse de rapprochement élevée), l'avion lent sera toujours dans son secteur avant, la détection étant favorisée par la réduction du secteur à balayer.

Des études montrent que la probabilité de détection diminue fortement lorsque la vitesse de rapprochement est supérieure à 200 kt.

#### 2.3.2.2. Concernant la patrouille MASTIFF LIMA

Le temps théorique consacré à la surveillance du ciel résulte notamment de la répartition des fonctions à bord et au sein de la patrouille, ainsi que de la phase de vol en cours :

- les pilotes assurent la surveillance du ciel, mais peuvent avoir comme pour tout vol le regard porté en cabine par instants (recherche d'informations non présentées en CTH ou manipulations en cabine, nécessaires à la conduite du vol et à l'exécution de la mission) ;
- le pilote équipier doit avoir en plus le visuel du leader pour le maintien de la formation ;
- dans la phase d'attaque en cours, les NOSA ont le regard principalement porté en cabine pour la mise en œuvre des systèmes d'armes et de navigation.

Dans son témoignage, le pilote leader indique qu'il surveille le ciel dans les instants précédents le croisement mais il ne se souvient plus où il porte son regard car cela relève d'actions réflexes. D'après le positionnement du MCR dans la visualisation CTH, il ne semble pas qu'il y ait eu de masquage en place avant par le montant de verrière. Concernant la place arrière, il apparaît que le NOSA ne pouvait avoir le visuel du MCR que dans la recopie de la visualisation CTH.

Le MCR est en étagement négatif par rapport au Rafale. L'arrière-plan est complexe car il est constitué de zones claires (champs, clairières) et de zones sombres (forêts). Ceci n'est pas favorable à la détection étant donné les caractéristiques du système de vision : celui-ci doit alors effectuer une tâche complexe qui consiste à détacher l'image de l'aéronef sur l'arrière-plan, en repérant les contours.

<sup>18</sup> Des études montrent que, compte tenu des limites de l'œil humain, le balayage de l'ensemble du champ de vision complet (180° horizontalement, 30° verticalement) effectué lors d'un processus de surveillance du ciel « idéal », nécessite plusieurs dizaines de secondes.

<sup>19</sup> Si les cibles recherchées sont prioritairement des avions lents dans la phase de vol concernée.

### 2.3.2.3. Concernant le MCR

Certaines circonstances ont une influence défavorable sur l'efficacité de la surveillance du ciel :

- le pilote est seul à bord ;
- il est assis à l'opposé de la direction d'arrivée de la patrouille (cependant aucun obstacle ne diminue son champ de vision) ;
- le Rafale arrive par le secteur travers droit, ce qui nécessite un large balayage visuel ;
- le pilote rapporte que le Rafale est arrivé « dans le soleil » : l'écart angulaire entre le soleil et l'axe d'arrivée des Rafale est de l'ordre de 30° ; de plus, le soleil est relativement bas (hauteur 32°) : ceci est de nature à provoquer un éblouissement.

Sans que le lien de cause à effet puisse être formellement établi lors de cet événement, il faut signaler que la livrée du Rafale, comme pour tous les autres avions de chasse et pour d'autres avions de la défense, est conçue notamment pour diminuer l'efficacité de la détection visuelle.

#### **Conclusion de l'analyse des causes de l'absence de détection visuelle réciproque :**

**La vitesse de rapprochement élevée et la convergence des trajectoires sont les facteurs défavorables déterminants.**

**Des études montrent que la probabilité de détection diminue fortement lorsque la vitesse de rapprochement est supérieure à 200 kt, étant donné le délai induit par le balayage complet du champ de vision et par les limites de l'œil humain.**

**D'autres facteurs liés à l'environnement ont pu contribuer à l'événement :**

- **concernant la patrouille : le faible contraste du MCR avec l'arrière-plan ;**
- **concernant le MCR : l'éblouissement dû au soleil dans le secteur d'arrivée du Rafale.**

## 2.4. Analyse des possibilités d'alerte des équipages

L'alerte préalable d'un équipage sur la présence d'un autre aéronef augmente la probabilité de détection car :

- cela est susceptible d'augmenter le temps consacré à la surveillance du ciel ;
- cela peut permettre d'orienter la recherche visuelle.

L'alerte peut permettre par ailleurs de traiter le conflit de trajectoires par une altération de route et/ou un changement d'altitude, qui peuvent éventuellement être coordonnés.

### 2.4.1. Détection par le radar embarqué des Rafale

Bien que non conçu pour cela, le radar du Rafale a la capacité de détecter un aéronef tel que le MCR.

Les équipages utilisent les informations fournies par le radar et l'interrogateur IFF pour la prévention des collisions, sans que l'utilisation de cet outil puisse être systématique.

De nombreux aéronefs ont été détectés en approchant de la région lyonnaise. L'équipier a notamment émis une alerte moins d'une minute avant le croisement concernant un autre appareil que le MCR (cf. § 2.1.2).

Le MCR n'a pas été détecté par la patrouille compte tenu, probablement, des changements de mode et des réglages utilisés à ce moment du vol, et des trajectoires (vitesse de vol du MCR, angle de présentation à 90°).

#### 2.4.2. Analyse des échanges sur la fréquence d'Ambérieu

L'événement se produit aux abords du terrain d'Ambérieu (3,2 Nm), en dehors de la circulation d'aérodrome.

Le pilote du MCR rapporte avoir perçu un message presque inaudible en comprenant néanmoins qu'il s'agissait d'un appareil s'annonçant sur la fréquence.

Les équipages de la patrouille ont entendu le message de sortie de circuit du MCR. La vidéo CTH du Rafale leader montre que ce message ne provoque aucune réaction de l'équipage, vraisemblablement pour plusieurs raisons :

- son attention est focalisée sur la phase d'attaque en cours : la fin du message du pilote du MCR est notamment « coupée » par le NOSA qui demande au pilote de modifier son cap ;
- c'est le seul message entendu sur la fréquence ;
- ce message, qui n'est pas strictement un message de position, ne contient pas les éléments (position, altitude, cap) susceptibles de faire réaliser aux équipages de la patrouille que la trajectoire peut être conflictuelle.

L'équipage leader s'annonce par deux fois sur cette fréquence et s'attend à obtenir une réponse d'un contrôleur. Il n'émet donc aucun message de position « en l'air » qui puisse contribuer à alerter le pilote du MCR.

**Les échanges sur la fréquence d'auto-information d'Ambérieu sont pauvres en informations : les équipages n'ont donc pas une représentation mentale correcte des trafics environnants qui puisse les alerter sur le conflit des trajectoires.**

#### 2.4.3. Service d'information de vol

Pour le MCR et pour la patrouille, le vol est non contrôlé en espace de classe G dans lequel il n'y a pas d'obligation de contact radio avec un organisme.

Le croisement se produit dans le secteur d'information de vol (SIV) de Lyon. Le service d'information de vol est susceptible d'y être rendu aux aéronefs connus, civils et militaires, et donc si le pilote contacte cet organisme. Les renseignements ou suggestions de manœuvre fournis aux équipages, visant à prévenir les abordages, peuvent concerner les trafics en contact mais également ceux qui ne sont pas en contact radio.

Les trois appareils ont affiché un code transpondeur avec report d'altitude.

Concernant le MCR, le contact avec le SIV venait d'être initié lorsque survient le croisement. Concernant la patrouille, les procédures au sein des escadrons de chasse ne prévoient pas le contact systématique avec les SIV en raison de contraintes d'ordre technique et opérationnelles (gestion des postes radio et de la charge de travail étant donné les procédures déjà existantes : auto-information défense, contacts inter-patrouille...).

**Le service d'information de vol était en mesure d'être fourni si le contact avait été établi par le MCR ou par la patrouille.  
Ce contact n'a pas été établi par les équipages pour des raisons de circonstance (MCR) ou liées aux procédures prévues (patrouille).**



### 3. CONCLUSION

#### 3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

Une quasi-collision se produit à 2500 ft d'altitude (vers 1800 ft sol) à environ 3 Nm au nord de l'aérodrome d'Ambérieu entre le leader d'une patrouille de deux Rafale biplaces en CAM V et un avion léger de type MCR-4S avec un pilote à bord en CAG/VFR.

Lors du croisement, la patrouille est en phase d'attaque en vue de délivrer un armement fictif sur des objectifs situés sur l'aérodrome d'Ambérieu.

Le MCR vient de décoller de cet aérodrome et est en montée vers le nord.

L'équipage du Rafale leader n'a jamais acquis le visuel du MCR. Le pilote du MCR a le visuel du Rafale leader au moment du croisement. Aucune manœuvre d'évitement n'est donc réalisée de part et d'autre. Le Rafale équipier et le MCR acquièrent le visuel réciproque lorsque le chasseur passe devant le MCR.

Les trajectoires se croisent à angle droit. Au moment du croisement, le MCR est en montée ailes à plat, le Rafale leader est en virage à droite à 50° d'inclinaison, en légère descente. La vitesse de rapprochement est de l'ordre de 500 kt (environ 260 m parcourus par seconde).

Les appareils évoluent en VMC, par très bonne visibilité, en espace aérien de classe G dans lequel l'anticollision est basée sur le principe « voir et éviter ».

La patrouille utilise les radars et systèmes embarqués pour détecter et identifier des trafics. La détection ne peut cependant être exhaustive : le MCR n'a notamment pas été détecté.

Durant le vol, la patrouille émet des messages de position sur la fréquence UHF défense d'auto-information, en anglais. Cette fréquence n'est pas accessible aux appareils d'aviation générale.

Au moment du croisement, les appareils sont depuis plusieurs minutes sur la fréquence d'Ambérieu.

La patrouille s'attend à recevoir une réponse de contrôleur à ses annonces et potentiellement une information sur les trafics environnants.

Les appareils évoluent alors dans le secteur d'information de vol de Lyon. Les trois appareils sont équipés de transpondeurs et leurs traces radars sont visualisables par le service de la navigation aérienne de Lyon. Le service d'information de vol était donc en mesure d'être fourni si le contact avait été établi par le MCR ou par la patrouille.

Ce contact n'a pas été établi pour des raisons de circonstance s'agissant du MCR, qui s'annonce juste avant le croisement, ou liées aux procédures prévues s'agissant de la patrouille.

### **3.2. Causes de l'événement**

La quasi-collision est consécutive à l'absence de détection visuelle des équipages pouvant leur permettre de modifier leurs trajectoires.

La vitesse de rapprochement élevée et la convergence des trajectoires sont les facteurs défavorables déterminants à cette absence de détection.

D'autres facteurs liés à l'environnement ont pu contribuer : concernant la patrouille, le faible contraste du MCR avec l'arrière-plan, et, concernant le MCR, l'éblouissement dû au soleil dans le secteur d'arrivée du Rafale.

Les échanges sur la fréquence d'auto-information d'Ambérieu sont pauvres en informations : les équipages n'ont donc pas une représentation mentale correcte des trafics environnants qui puisse les alerter sur le conflit des trajectoires.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

### 4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

#### 4.1.1. Compatibilité des circulations CAG/VFR et CAM V en basse altitude

Les causes de cet événement s'inscrivent dans une problématique globale :

- tous les jours, des équipages en vol non contrôlé acquièrent le visuel qui leur permet d'adapter leurs trajectoires ;
- la multitude de paramètres participant à la détection visuelle (cf. § 2.3.1) rend probable l'échec de sa mise en œuvre et ce indépendamment de la vitesse de rapprochement ;
- des études montrent que, compte tenu de la méthode requise pour surveiller le ciel et des limites physiologiques de la vision humaine, la probabilité de détection visuelle diminue fortement lorsque la vitesse de rapprochement dépasse 200 kt.

Cette problématique a été étudiée lors des enquêtes menées par le BEAD-air suite à deux collisions entre des ULM et des M2000 en espace aérien de classe G :

- le 23 août 2004 dans la région de Clermont-Ferrand, les deux personnes à bord de l'ULM sont décédées (rapport BEAD-air-X-2004-018-A) ;
- le 12 juillet 2007 dans la région de Chalon-sur-Saône, le pilote de l'ULM est décédé (rapport BEAD-air-X-2007-014-A<sup>20</sup>).

Les recommandations ont alors porté essentiellement sur :

- la nécessité de favoriser tout dispositif (procédures radio, équipement) permettant d'assurer l'alerte des pilotes sur la présence des aéronefs environnants ;
- l'étude de l'axe de progrès qui consisterait notamment à rendre compatible les circulations en CAG/VFR et CAM V au moyen de l'auto-information et/ou de l'information de vol ;
- sur la prise en compte de la méthodologie de surveillance du ciel.

Cet événement montrant la persistance du risque, le BEAD-air rappelle l'actualité de ses recommandations évoquées ci-dessus et renouvelle plus particulièrement celle visant à ce que:

**l'armée de l'air, en concertation avec la DIRCAM et la DTA, étudie et met en place tout dispositif permettant d'assurer l'alerte des équipages en CAM V sur la présence des aéronefs environnants en CAG/VFR en espace aérien de classe G.**

<sup>20</sup> Rapports consultables sur l'internet (<http://www.defense.gouv.fr/portail-defense/ministere/organisation/organisation-du-ministere-de-la-defense-et-des-anciens-combattants/organismes-dependants-du-ministre/l-aide-a-l-application>) et sur l'intranet défense (<http://www.bead.defense.gouv.fr/>).

#### 4.1.2. Gestion du risque de collision lors des phases tactiques

Les causes s'inscrivent également dans le contexte de l'attaque d'un objectif situé sur un terrain non contrôlé.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

- à l'armée de l'air, de consolider les procédures relatives aux phases tactiques visant à :**
- ce que les équipages aient une bonne représentation des trafics environnants (préparation de mission, anticipation et contenu des contacts radios, etc.) ;**
  - optimiser l'efficacité de la détection visuelle, notamment en terme de priorisation des tâches (surveillance du ciel *versus* réalisation de la mission) ;**
  - gérer le risque de collision (choix de l'objectif).**

#### 4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement

Néant.

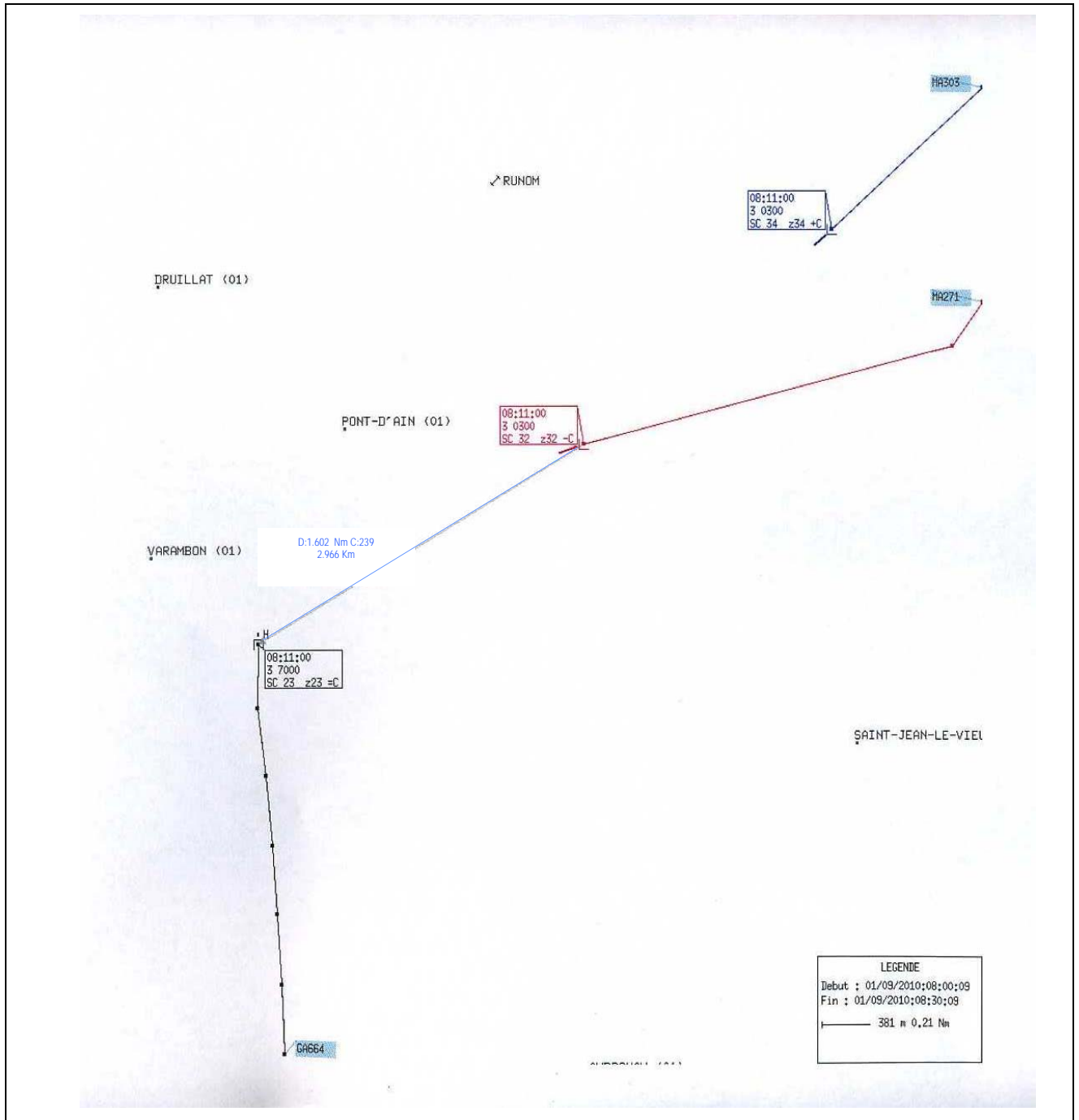
**ANNEXES**

ANNEXE 1	Traces radars (source CDC Lyon Mont Verdun).....	- 30 -
ANNEXE 2	Arrêts sur image extraits de la vidéo CTH du Rafale leader.....	- 33 -
ANNEXE 3	Occurrences d'AIRPROX CAM/CAG en espace de classe G.....	- 36 -
ANNEXE 4	Liste de documents traitant des limites de la règle « voir et éviter » et de la méthodologie de surveillance du ciel.....	- 44 -

ANNEXE 1

Traces radars (source CDC Lyon Mont Verdun)

1.1. Tracé radar au temps 8 h 11 min



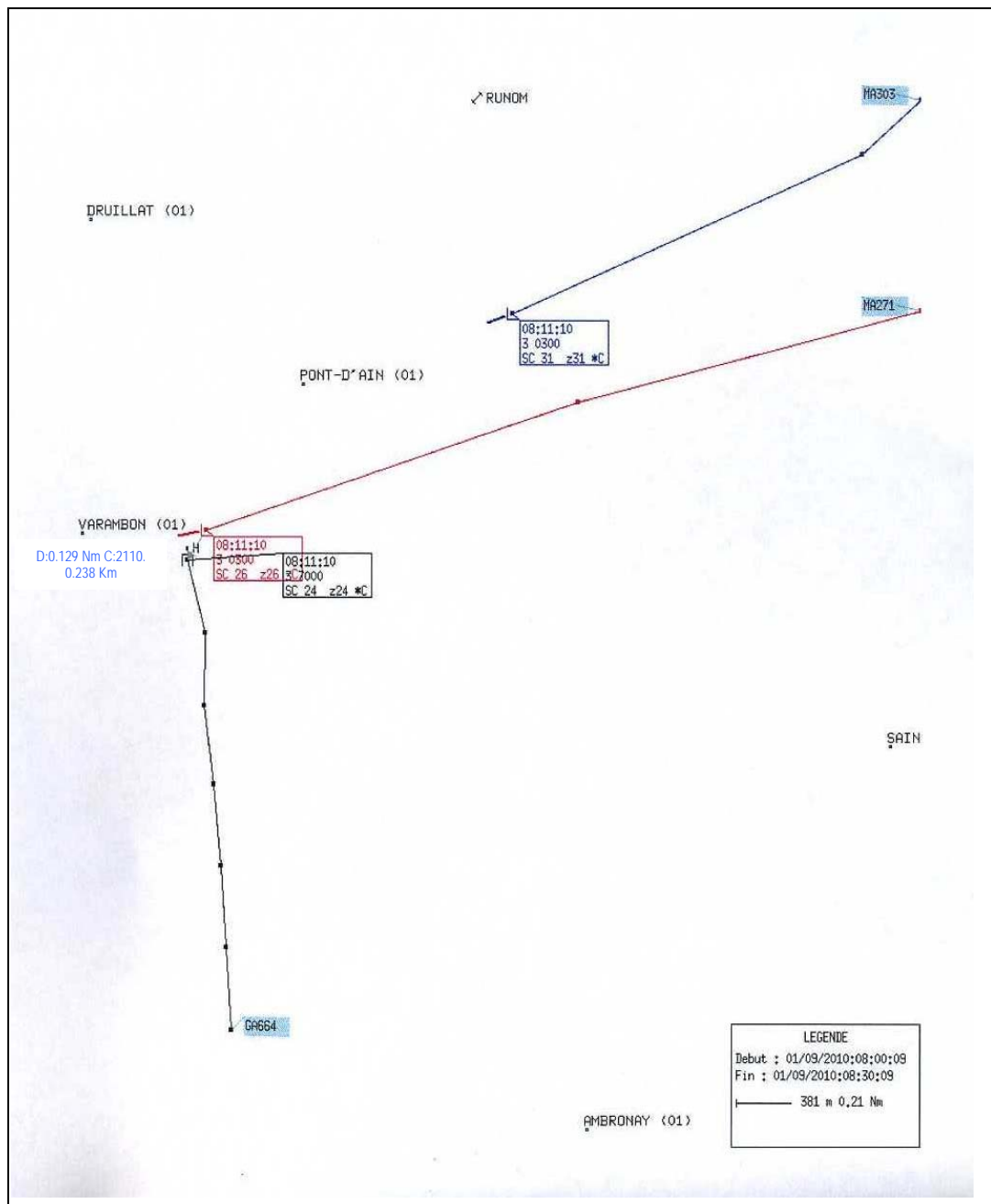
Tracé radar au temps 8 h 11 min

## 1.2. Tracé radar au temps 8h11min10s (peu avant le croisement Leader-MCR)

Les séparations minimales entre le rafale leader et le MCR, calculées entre les plots les plus proches du croisement, sont de 0,13 Nm (240 m) en horizontal et 200 ft en vertical à 8h11min10s TU, le Rafale étant au-dessus du MCR.

Les valeurs fournies par le service de la navigation aérienne de Lyon St-Exupéry sont du même ordre (0.18 Nm, 200 ft).

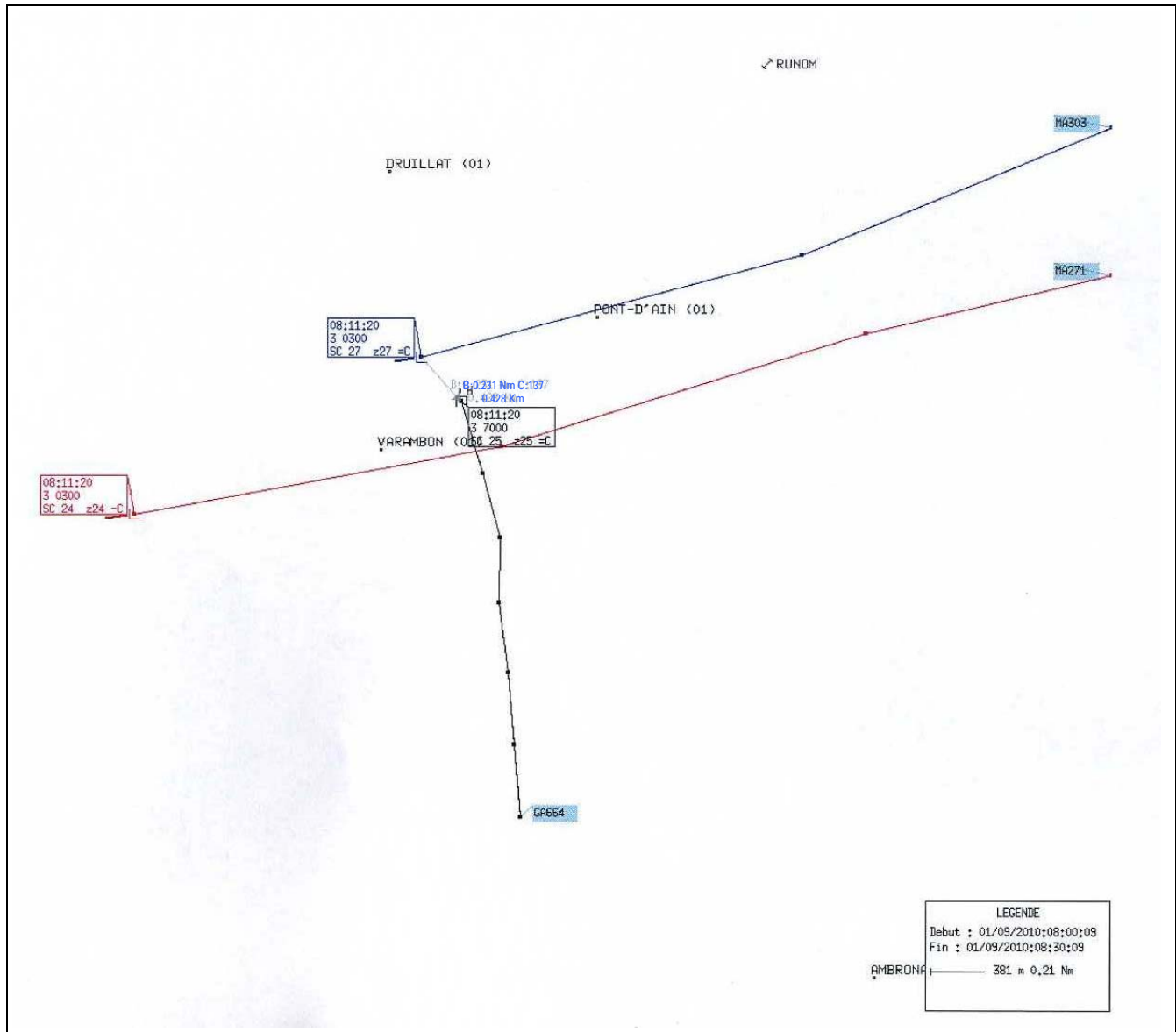
Concernant l'équipier, ces valeurs sont au même instant respectivement de 1,48 Nm (2740 m) et 700 ft.



Tracé radar au temps 8 h 11 min 10 s – peu avant le croisement Leader-MCR

### 1.3. Tracé radar au temps 8h11min20s (croisement équipier-MCR)

Les séparations minimales entre l'équipier et le MCR, calculées entre les plots les plus proches du croisement, sont de 0,23 Nm (430 m) et 200 ft à 8h11min 20s.



Tracé radar au temps 8 h 11 min 20 s – croisement équipier/MCR



ANNEXE 2

Arrêts sur image extraits de la vidéo CTH du Rafale leader



Vidéo CTH Rafale leader – arrêt sur image à T0 (instant du croisement)-environ 10s



T0 - 4s



T0 - 3s



T0 - 2s



T0 - 1s



Arrêt sur image avant que le MCR disparaisse du champ de vision de la caméra  
(à TO-quelques dixièmes de seconde)

### ANNEXE 3

#### Occurrences d'AIRPROX CAM/CAG en espace de classe G

Les 18 événements recensés sont présentés de façon synthétique dans le tableau ci-dessous, à partir des fiches de clôture d'analyse éditées par la commission mixte de sécurité de la gestion du trafic aérien (CMSA), ou des déclarations initiales d'AIRPROX pour ceux non encore traités en commission.

##### Critères de sélection :

- Période 2005 à septembre 2010.
- AIRPROX entre un aéronef en CAG VFR et un aéronef en CAM V.
- En espace de classe G, les équipages en étant conscients (les événements pour lesquels l'équipage militaire pensait se trouver en zone réservée alors qu'il se trouvait en espace de classe G ne sont pas pris en compte).
- Les AIRPROX déposés suite à un rapprochement volontaire ne sont pas cités (type interception).

Malgré le faible nombre d'événements, les remarques suivantes peuvent être formulées :

- Tous ces événements ont eu lieu de jour.
- Pour tous sauf un (C160 Transall), l'appareil en CAM est un avion de chasse.
- Pour la majorité (15/18), le plaignant est le pilote civil.
- Pour la majorité (16/17, un événement est non caractérisé) ils se produisent à une hauteur inférieure ou égale à 1500 ft sol (14 se produisent à une hauteur inférieure ou égale à 1000 ft sol).
- Pour tous sauf un (M 06/18), les équipages n'étaient pas alertés de la présence de l'autre appareil.

<b>Date, Référence et Classement MSA</b>	<b>Aéronef en CAG VFR</b>	<b>Aéronef en CAM V</b>	<b>Lieu, altitude, hauteur lors du croisement</b>	<b>Contacts radio – codes transpondeur affichés lors du croisement</b>	<b>Points relevés par le BEAD-air</b>
<p>Mercredi 30 mars 2005 (14h UTC)</p> <p>AIRPROX mixte M 05/09 (plaignant : pilote DR400)</p> <p>Classé A-Incident grave.</p>	<p>DR 400</p> <p>Navigation Épernay-Romilly.</p>	<p>Patrouille 4 MF1</p> <p>Retour de navigation BA Reims-Reims.</p>	<p>Nord-ouest de Chalons Vatry</p> <p>2000 ft QNH/1500 ft sol</p>	<p>DR 400 &gt; SIV Seine Info MF1 &gt; Reims Approche</p> <p>DR400 &gt; 7044 MF1 &gt; 0300</p>	<p>Croisement face à face.</p> <p>Visuel du leader et du n°2 par le DR400. Manœuvre d'évitement du n°3.</p> <p>Le DR400 et la patrouille sont en contact radio avec 2 organismes différents. Aucun de ces 2 organismes n'avait la connaissance de la présence de l'autre appareil (notamment, le contrôleur SIV annonce au DR400 l'identification radar et n'avoir aucun trafic connu).</p>
<p>Mercredi 13 juillet 2005 (9h10 UTC)</p> <p>AIRPROX mixte M 05/18 (plaignant : pilote C172)</p> <p>Évènement classé C-Incident significatif.</p>	<p>C 172</p> <p>Navigation Étampes-Lons Le Saulnier.</p>	<p>MF1</p> <p>Mission de prises de vue aériennes (Reims-Reims).</p>	<p>Sud-est Avallon.</p> <p>FL 55</p>	<p>C 172 &gt; vient de quitter Seine Info, cherche à contacter Dijon Approche.</p> <p>MF1 &gt; veille auto-info Défense</p> <p>C 172 &gt; 7033 MF1 &gt; 0300</p>	<p>Visuel du MF1 par le pilote du C172. Pas de visuel de la part du MF1. Pas de manœuvre d'évitement. Aucun des appareils n'est en contact avec un organisme. Les 2 appareils avaient un code transpondeur affiché, avec report d'altitude.</p>

Lundi 10 octobre 2005 (9h UTC) AIRPROX mixte M 05/32 (plaignant : patrouille MF1) Classé C - Incident significatif.	Inconnu (Hélicoptère léger)	Patrouille 2 MF1. Navigation BA (Reims-Reims).	Ouest Chalons Vatry. 1800/1000 ft	Hélicoptère : inconnu. MF1 > veille auto-info Défense.	Hélicoptère inconnu. Croisement presque face à face. Visuel de l'équipier sur l'hélicoptère. Manœuvre d'évitement d'urgence de la patrouille.
Mercredi 2 août 2006 (9h50 UTC) AIRPROX mixte M 06/18 (plaignant : patrouille MF1) Classé C-Incident significatif.	C 172. Travail aérien (surveillance de pipeline).	Patrouille 2 MF1. Navigation BA + entraînement dans le PGE de Grostenquin (Reims-Reims).	Sud-ouest Grostenquin. 1500/500 ft.	C 172 : Nil. 2 MF1 : Polygone Information.	Croisement face à face. Le contrôleur PGE effectue une information de vol à destination de la patrouille suite à la détection d'un plot même altitude. Le MF1 leader acquiert le visuel et ordonne une manœuvre d'évitement vers le haut.
Vendredi 13 octobre 2006 (12h UTC). AIRPROX mixte M 06/31 (plaignant : hélicoptère) Classé A-Incident grave.	BK 117 DGGN. Secours en montagne.	Inconnu (monoréacteur de combat)	Massif du Mont-Blanc (Mer de Glace). < 50 m sol.	BK117 > fréquence montagne.	Visuel du BK117 sur l'avion de combat. Manœuvre d'évitement du BK 117.

<p>Mercredi 8 novembre 2006 (16h15 UTC)</p> <p>AIRPROX mixte M 06/34 (plaignant : Jodel)</p> <p>Classé E-Aucune incidence immédiate sur la sécurité.</p>	<p>Jodel D18.</p> <p>Vol local.</p>	<p>Inconnu (patrouille de monoréacteurs de combat français)</p>	<p>Aux abords de l'altiport de La Motte Chalançon.</p> <p>Vol en vallée.</p>	<p>Jodel &gt; fréquence montagne.</p>	<p>Visuel du Jodel sur les chasseurs.</p> <p>Manœuvre d'évitement du Jodel.</p>
<p>Mercredi 13 décembre 2006 (vers 15h UTC)</p> <p>AIRPROX mixte M 06/37 (plaignant : DR400)</p> <p>Classé D-non déterminé.</p>	<p>DR400.</p> <p>Au décollage pour un vol local.</p>	<p>M2000 D.</p> <p>Navigation BA (assaut à vue).</p>	<p>Aérodrome de Bellegarde-Vouvray.</p> <p>300 ft sol.</p>	<p>DR400 &gt; auto-information aérodrome.</p> <p>M2000 &gt; ?</p>	<p>Le M200 arrive par l'arrière du DR400 et a le visuel sur lui.</p> <p>L'événement se produit dans le circuit de piste.</p>

Lundi 2 avril 2007 (14h UTC) AIRPROX mixte M 07/07 (plaignant : DR400) Évènement classé C-Incident significatif.	DR400.  En longue finale d'Étampes.	M2000 D.  Navigation BA (Nancy-Nancy).	3 Nm sud-ouest d'Étampes.  1500/500 ft.	DR400 > Étampes TWR.  M2000 > auto- information défense.	Le M2000 a le visuel du DR400 à 11h, jugé non conflictuel, et passe dessous. Pas de manœuvre d'évitement. L'évènement se produit en dehors du circuit de piste.
Mardi 18 décembre 2007 (11h UTC) AIRPROX mixte M 07/35 (plaignant : ULM) Évènement classé C-Incident significatif.	ULM.  Vol Rennes-base ULM Amanlis.	Patrouille 2 MF1.  Reconnaissance BA (Reims- Reims).	11 Nm sud-est de Rennes.  800/500 ft.	ULM > a quitté Rennes TWR depuis 2 minutes.  Patrouille > Rennes TWR.	L'équipier a visuel de l'ULM, jugé non conflictuel. Pas de manœuvre d'évitement.
Mardi 18 mars 2008 (vers 13h30 UTC) AIRPROX mixte M 08/09 (plaignant : patrouille) Évènement classé A-Incident grave.	Type DR400 non identifié.	Patrouille 2 MF1.  Navigation BA (Reims-Reims).	Secteur de Reims Prunay.  1500 ft sol.		Le leader acquiert le visuel de l'ULM. La patrouille effectue une manœuvre d'évitement d'urgence.
Jeudi 29 mai 2008 (vers 14h UTC).	ULM.	Patrouille 2 M2000 D.	9 Nm nord de Montauban.	ULM > Nil.	Les 3 appareils acquièrent un visuel avant le croisement et effectuent une



AIRPROX mixte M 08/18 (plaignant : ULM) Évènement classé A-Incident grave.	Vol d'instruction Cahors- Montauban.	Assaut à vue en BA (Nancy- Nancy)	500 ft sol.	Patrouille > auto-information défense.	manœuvre d'évitement.
Mardi 22 juillet 2008 (vers 13h30 UTC) AIRPROX mixte M 08/31 (plaignant : ULM) Évènement classé B-Incident majeur.	ULM.  Vol local Cervens-Cervens	Avion de combat non identifié.	Proximité de la plateforme d'ULM de Cervens, à 10 Nm au nord-est d'Annemasse. 2800/800 ft.	ULM > Nil.	L'ULM a le visuel de l'avion de combat devant lui. Pas de manœuvre d'évitement effectuée par l'ULM.
Dimanche 24 mai 2009 (vers 14h30 UTC) AIRPROX mixte M 09/16 (plaignant : DR400) Évènement non encore traité en commission.	DR400.  Navigation Sarreguemines- Sarreguemines.	Patrouille 2 F15.  Vol dans le cadre du Memorial Day.	Proche Rambervilliers.  3500 ft QNH.	DR400 > ? Patrouille > Nancy Ochey Approche	La patrouille passe sous le DR400. La patrouille a eu une information de trafic par l'approche, à priori sur le DR400. Pas de manœuvre d'évitement effectuée par le DR400.

Jeudi 16 juillet 2009 AIRPROX mixte M 09/27 (plaignant : ULM) Évènement non encore traité en commission.	ULM.  Vol d'instruction Blois-Blois.	Patrouille 2 MF1.  Navigation BA Reims-Reims.	Proximité de la plateforme ULM de Chouzy sur Cisse.  1000 ft QNH.	?	La patrouille passe sous l'ULM. Pas de manœuvre d'évitement effectuée par l'ULM. Le pilote ULM rapporte avoir subi une turbulence sévère.
Mardi 18 août 2009 AIRPROX mixte M 09/28 (plaignant : ULM) Évènement non encore traité en commission.	ULM.  En montée initiale pour un vol d'initiation à partir de la plateforme ULM de Chouzy sur Cisse.	Patrouille 2 M2000.  Navigation BA Nancy-Nancy	Proximité de la plateforme.  450 ft sol.	?	Le pilote ULM a visuel d'un premier M2000, amorce une manœuvre d'évitement puis subit des turbulences alors que le deuxième M2000 passe au-dessus.
Lundi 19 octobre 2009 (vers 14h UTC) AIRPROX mixte M 09/36 (plaignant : hélicoptère)  Classé A-Incident grave.	Hélicoptère Écureuil SAMU.  Vol sanitaire Bordeaux-Périgueux.	Alpha-Jet.  Navigation BA Cazaux-Cazaux.	5 Nm est de Libourne.  800 ft QNH.	Écureuil > veille Périgueux et fréquence SAMU.  AJET > Bergerac TWR.	Le contrôleur du SIV Aquitaine détecte le conflit. Il tente de contacter le SAMU sur la fréquence SIV. Le pilote SAMU acquiert le visuel sur l'AJET et effectue une manœuvre d'évitement en passant dessous. Pas de visuel de l'Écureuil par l'AJET.
Mercredi 28 octobre 2009 (vers	Hélicoptère Écureuil SAMU.	C160 Transall.	4 Nm à l'Est d'Amboise.	Écureuil et C160 >	Le pilote de l'Écureuil s'annonce sur la fréquence auto-info.

<p>14h UTC)</p> <p>AIRPROX mixte M 09/38 (plaignant : hélicoptère)</p> <p>Classé A-Incident grave.</p>	<p>Vol sanitaire Bourges-Tours.</p>	<p>Entraînement tactique Poitiers- Orléans.</p>	<p>Vers 900 ft QNH.</p>	<p>Amboise auto- Info.</p>	<p>Il a visuel du Transall et effectue une manœuvre d'évitement. Le Transall, s'estimant loin du terrain, n'émet pas de message de position. Pas de visuel de l'Écureuil par le Transall Une fois le croisement effectué, un échange s'instaure entre les équipages sur la fréquence auto-information.</p>
<p>Vendredi 6 novembre 2009 (vers 10h UTC)</p> <p>AIRPROX mixte M 09/39 (plaignant : hélicoptère)</p> <p>Classé E-Aucune incidence sur la sécurité.</p>	<p>Hélicoptère Écureuil SAMU.</p> <p>Vol sanitaire Orléans-Blois.</p>	<p>M 2000.</p> <p>Navigation Luxeuil-Luxeuil.</p>	<p>10 Nm au sud d'Orléans.</p> <p>500 ft/sol</p>	<p>Écureuil &gt; ? M2000 &gt; auto- information défense et fréquence commune CCT.</p>	<p>Le pilote du M2000 détecte tardivement l'Écureuil et effectue en évitement. Le pilote de l'Écureuil acquiert le visuel sur le M2000 après le croisement.</p>

#### ANNEXE 4

##### Liste de documents traitant des limites de la règle « voir et éviter » et de la méthodologie de surveillance du ciel

Rapport de recherche de l'*Australian Transport Safety Bureau (ATSB) : limitations of the see-and-avoid principle* (avril 1991).  
([www.atsb.gov.au/publications/1991/limit\\_see\\_avoid.aspx](http://www.atsb.gov.au/publications/1991/limit_see_avoid.aspx))

Dossier de la revue Propos de Vol de la force aérienne du Canada : limites de la règle « voir et éviter » (n°1, 2010).  
([www.airforce.forces.gc.ca/dfs-dsv/pub/nr-sp/index-fra.asp?cat=290](http://www.airforce.forces.gc.ca/dfs-dsv/pub/nr-sp/index-fra.asp?cat=290))

Rapport de recherche de l'*UK Civil aviation authority (CAA) : safety sense leaflet 13, collision avoidance* (octobre 2009).  
([www.caa.co.uk/docs/33/ga\\_srg\\_09webSSL13October.pdf](http://www.caa.co.uk/docs/33/ga_srg_09webSSL13October.pdf))

Étude du BEA : abordages 1989 – 1999.  
([www.bea.aero/etudes/abordages/abordages.pdf](http://www.bea.aero/etudes/abordages/abordages.pdf))