



## 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 retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

### UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

---

## CRÉDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

**Page de garde :** Spotting Aviation et Armée de l'air

**Photos et illustrations :**

- Pages 8, 25 : IGN
- Pages 9, 10, 17 à 19, 21 à 24, 27 à 29 : BEAD-air
- Page 17: Direction générale de l'aviation civile (DGAC)
- Page 28 : BEA

## TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement des vols	7
1.2. Tués et blessés	10
1.3. Dommages aux aéronefs	10
1.4. Autres dommages	11
1.5. Renseignements sur le personnel	11
1.6. Renseignements sur les aéronefs	13
1.7. Conditions météorologiques	14
1.8. Aides à la navigation	14
1.9. Télécommunications	14
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	14
1.11. Enregistreurs de bord	15
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	15
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	15
1.14. Incendie	15
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	15
1.16. Essais et recherches	15
1.17. Renseignements sur les organismes	15
1.18. Renseignements supplémentaires	16
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	16
2. Analyse	17
2.1. Activité aérienne et environnement des pilotes	17
2.2. Reconstitution de la séquence de l'événement	21
2.3. Recherche des causes de l'incident	24
3. Conclusion	31
3.1. Éléments utiles à la compréhension de l'événement	31
3.2. Causes de l'événement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	35
ANNEXES	36
ANNEXE 1 EFFETS DE LA VITESSE DE RAPPROCHEMENT	37
ANNEXE 2 DECRET NO 98-884 DU 28 SEPTEMBRE 1998 ART. 1 JOURNAL OFFICIEL DU 3 OCTOBRE 1998)	38

## GLOSSAIRE

ACAS	<i>airborne collision avoidance system</i> – système anticollision embarqué.
AFIS	<i>aerodrome flight information service</i> – service information de vol
AIRPROX	<i>air proximity</i> – déclaration officielle d'une situation conflictuelle
ASFC	<i>above surface</i> - au-dessus de la surface du sol
BA	base aérienne
BEA	Bureau d'Enquête et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile
CAG	circulation aérienne générale
CAM	circulation aérienne militaire
DGAC	Direction générale de l'aviation civile
ETO	école de transition opérationnelle
FL	<i>flight level</i> – niveau de vol
NG	nouvelle génération
NOSA	navigateur officier système d'armes
PPL	<i>private pilot licence</i> – licence de pilote privé
QNH	calage altimétrique = pression atmosphérique réduite au niveau de la mer
SEP	<i>single Engine Piston</i> – monomoteur à piston
TBA	très basse altitude
UHF	<i>ultra high frequency</i> – gamme d'ultra haute fréquence (300 à 3 000 MHz)
VHF	<i>very high frequency</i> – gamme de très haute fréquence (30 à 300 MHz)
VTH	visualisation tête haute

## SYNOPSIS

Date de l'événement : lundi 25 août 2014

Lieu de l'événement : Coulounieix-Chamiers (24)

Aéronef : Cessna 172 R / F-HPGX

Organisme : aéroclub de Périgueux

Nature du vol : vol local dans le cadre d'une activité de découverte d'un centre de loisirs

Nombre de personnes à bord : 4

Aéronef : Alphajet n° 136 / F-UHRP

Organisme : Armée de l'air / commandement des forces aériennes (CFA)

Unité : école de transition opérationnelle (ETO)

Nature du vol : instruction à l'assaut très basse altitude en patrouille légère

Nombre de personnes à bord : 2

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

Le lundi 25 août, un Cessna 172 R effectue un vol local dans le cadre d'une activité de découverte d'un centre de loisirs et contourne la ville de Périgueux par le Sud. Au même moment, une patrouille d'Alphajet, ayant décollé de Cazaux, approche du Nord-Ouest de Périgueux et descend vers les basses couches pour réaliser une mission d'assaut à très basse altitude.

Les pilotes de l'Alphajet n° 2 et du Cessna se détectent mutuellement en face à face à très courte distance et effectuent des manœuvres d'évitement réflexe. Les avions ne se touchent pas.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du BEAD-air.
- Un enquêteur adjoint du BEAD-air.
- Un officier pilote ayant une expertise sur Alphajet nouvelle génération (NG).
- Un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique et spatiale.
- Un officier qualifié contrôleur de circulation aérienne.

### Autres experts consultés

- Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA).
- Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) pour la sécurité de l'aviation civile.
- Direction de la sécurité aéronautique de l'État (DSAÉ/DIRCAM).

### Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le commandant de bord de l'Alphajet dépose un ATSER<sup>1</sup> de type *Airprox*<sup>2</sup> le lendemain de l'événement.

Le BEAD-air s'est saisi de l'événement le 4 septembre 2014 et le groupe d'enquête s'est rendu sur place du 8 au 10 septembre. Le BEA s'est également saisi de l'événement.

---

<sup>1</sup> ATSER ou ASR : *air traffic safety event report* - compte rendu d'événement lié à la sécurité (de la circulation aérienne).

<sup>2</sup> Airprox : *air proximity* (déclaration officielle d'une situation conflictuelle), transmis le 26 août 2014 à la commission mixte de sécurité aérienne (CMSA) – voir § 2.1.3. Gestion des événements mixtes.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement des vols

#### 1.1.1. Contexte des vols en cours

##### Cessna 172 R

- Type de vol : CAG VFR<sup>3</sup>
- Point de départ : aérodrome de Périgueux-Bassillac (LFBX)
- Heure de départ : vers 16h00
- Point d'atterrissage prévu : aérodrome de Périgueux-Bassillac (LFBX)

Basé sur l'aérodrome de Périgueux-Bassillac, le pilote du Cessna effectue plusieurs vols locaux dans le cadre d'une activité de vol de découverte au profit d'enfants du centre de loisirs de Saint-Astier. À bord de l'appareil se trouvent le pilote en place gauche, un adulte animateur en place droite et deux enfants à l'arrière.

Le vol se déroule en périphérie sud de Périgueux à une altitude voisine de 1 800 ft<sup>4</sup> QNH, hors circuit d'aérodrome. Le pilote reste sur la fréquence de l'AFIS<sup>5</sup>.

##### Patrouille des deux Alphajet

- Leader : F-UHRO n° 131 ; équipier : F-UHRP n° 136
- Indicatif mission : RIVAGE FOX
- Type de vol : CAM V<sup>6</sup> et CAM I<sup>7</sup> (sous plan de vol n° 14/BC)
- Type de mission : vol d'instruction à l'assaut TBA (500 ft/sol – 420 kt<sup>8</sup>)
- Point de départ : base aérienne (BA) 120 de Cazaux
- Heure de départ : 15h36
- Point d'atterrissage prévu : BA 120 de Cazaux

La patrouille légère des Alphajet « RIVAGE FOX » effectue un vol d'instruction à l'assaut à très basse altitude (500 ft/sol et 420 kt) au profit de deux stagiaires navigateurs systèmes d'armes en place arrière sur un profil de mission de type « haut-bas-haut<sup>9</sup> ».

En créant de nouveaux éléments tactiques (changements d'itinéraire et contraintes horaires associées), le pilote de l'avion n° 2, responsable de l'animation tactique de la patrouille, impose des contraintes que les stagiaires NOSA doivent prendre en compte.

<sup>3</sup> CAG VFR : vol effectué suivant les règles de la circulation aérienne générale en vol à vue.

<sup>4</sup> Feet = pieds (1 ft = 0,3048 m).

<sup>5</sup> AFIS : *aerodrome flight information service* – service information de vol.

<sup>6</sup> CAM V : vol effectué suivant les règles de la circulation aérienne militaire en vol à vue.

<sup>7</sup> CAM I : vol effectué suivant les règles de la circulation aérienne militaire aux instruments.

<sup>8</sup> Knot = nœud (1 kt = 1 mille marin par heure).

<sup>9</sup> Début de mission au FL 215, attaque TBA puis retour au FL 100.

### 1.1.2. Description du croisement

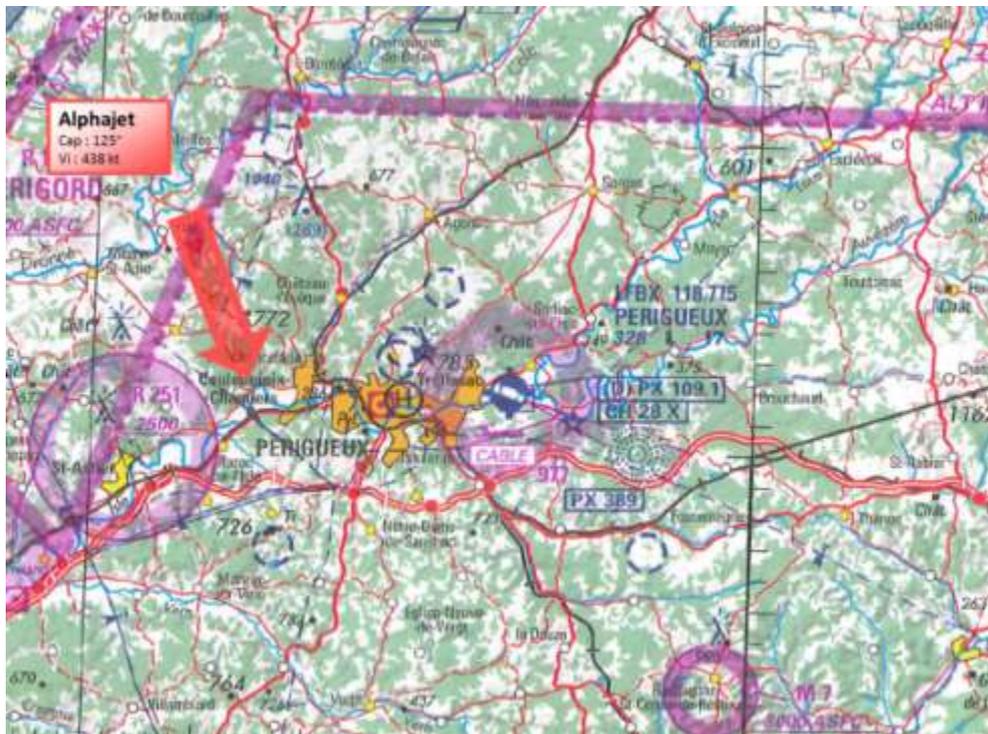
Cette description est basée sur les témoignages des équipages et sur les données de l'enregistrement de la visualisation tête haute (VTH) de l'Alphajet n° 2.

Cessna 172 R : après avoir décollé pour le quatrième circuit, l'avion se trouve au cap 300°, à environ 2 Nm<sup>10</sup> au sud de la ville de Périgueux et à 1 800 ft QNH. Il détecte un avion de chasse (le leader de la patrouille) dans ses « 10 heures » et l'observe pendant quelques secondes. Lorsqu'il regarde à nouveau devant lui, il voit en face à face et à très courte distance un deuxième appareil (le n° 2 de la patrouille) qui se rapproche à grande vitesse. **Il initie une manœuvre d'évitement vers le bas.**

Patrouille des deux Alphajet : libérée par l'approche de Cognac, la patrouille arrive dans la région de Périgueux et évolue pour ne pas survoler de zone « à risque » (agglomération, aérodrome et zone règlementée R 251 de Saint-Astier). Les avions effectuent ensuite un virage à gauche (vers le cap 125°) et se déploient en formation de manœuvre défensive (dispositif de front avec écartement d'environ 1 Nm) pour commencer la phase tactique.

En même temps, le leader ordonne de changer de fréquence pour effectuer un message d'auto-information sur la fréquence UHF militaire car la patrouille arrive dans un espace de classe « G<sup>11</sup> ».

À ce moment du vol, les avions se trouvent à plus de 10 km du terrain de Périgueux, signalé par un cercle violet sur la cartographie militaire. Cette « surcharge aéronautique » ne correspond à aucun espace aérien mais est juste destiné à attirer l'attention des équipages sur le risque potentiel de ce genre de lieu. Elle ne figure pas sur la documentation civile.



Carte aéronautique militaire 1/500 000

<sup>10</sup> Nm : *nautical mile* – mille nautique (1 Nm = 1 852 m).

<sup>11</sup> Voir § 2.1.5. Espace aérien inférieur de classe « G ».

Quelques secondes après avoir remis les ailes à plat, en légère descente et à une vitesse de 438 kt, le pilote de l'avion n° 2 détecte à très courte distance et en face à face un avion civil. **Il effectue aussitôt une manœuvre réflexe d'évitement par la gauche.**



VTH de l'AlphaJet n° 2 juste avant le croisement

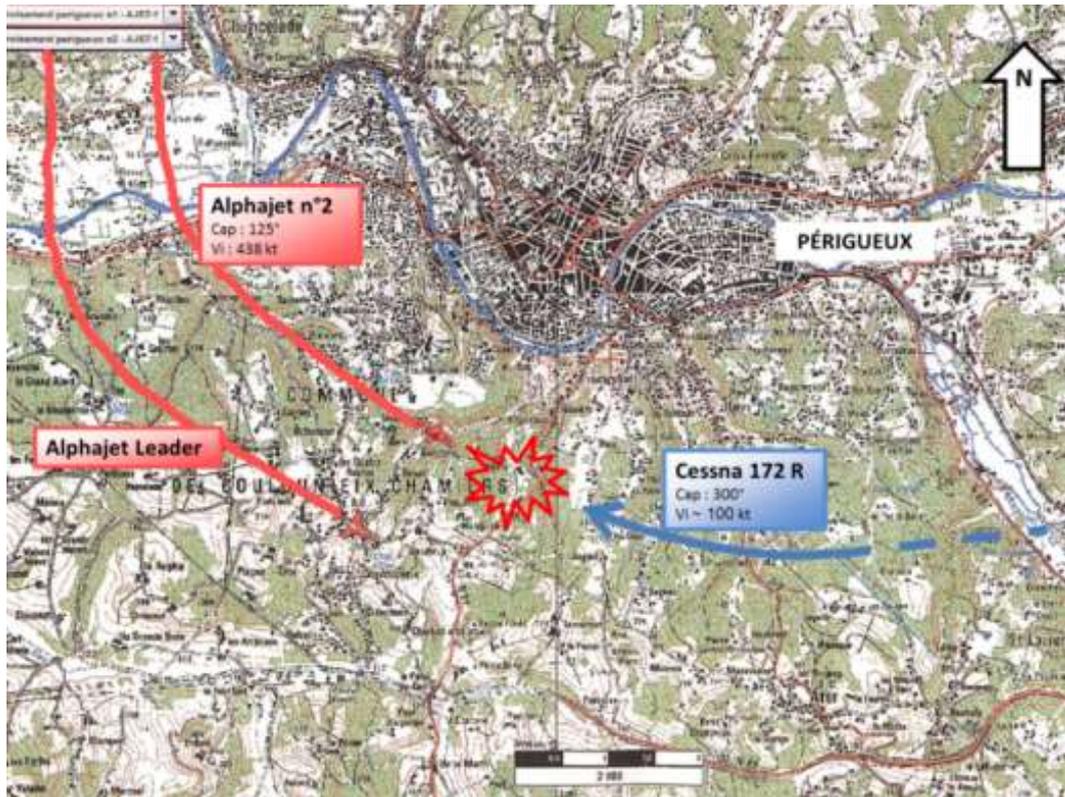
### 1.1.3. Description des faits postérieurs au croisement

Au moment du croisement, le pilote du Cessna témoigne « avoir ressenti » un choc sur le côté droit, sans conséquence sur les commandes de vol ni sur le comportement de l'avion. Pensant avoir été touché et ayant un doute sur l'intégrité de son appareil, il procède à quelques vérifications de bon fonctionnement et réalise un passage bas parallèlement à la tour. En l'absence de dégât visible, il intègre le circuit de piste et se pose.

Aucune collision n'est constatée par l'équipage militaire. N'ayant aucun doute quant à l'évitement du trafic civil et à l'intégrité des appareils, la mission est poursuivie. La patrouille se pose sur la BA 120 de Cazaux 45 minutes plus tard.

### 1.1.4. Localisation du croisement

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Dordogne
  - commune : Coulounieix-Chamiers
  - coordonnées géographiques : N 45° 09' 33.3" - E 000° 42' 38.0"
  - altitude du lieu de l'événement : 1 680 ft (incrustation VTH AlphaJet)
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Périgueux-Bassillac



Fond de carte IGN 1/100 000°

## 1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage		Passagers		Autres personnes
	Cessna	Alphajet	Cessna	Alphajet	Alphajet leader
Mortelles					
Graves					
Légères					
Aucune	1	2	3	0	2

## 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 Cessna 172 R

#### 1.5.1.1. Pilote

- Age : 70 ans
- Profession : retraité
- Aéroclub : Association Sportive Aéronautique de Périgueux
- Formation :
  - qualification : licence de pilote privé avion (*private pilot license* – PPL A) avec la qualification de type SEP
  - année d'obtention : 1996
- Heures de vol comme pilote sur tout type : environ 1 600 h

#### 1.5.1.2. Passagers

- 1 adulte animateur au centre de loisirs de Saint-Astier
- 2 enfants du centre de loisirs de Saint-Astier

### 1.5.2. Équipage de l'Alphajet n° 2

#### 1.5.2.1. Pilote commandant de bord

- Age : 35 ans
- Unité d'affectation : ETO 01/008
  - fonction dans l'unité : instructeur
- Formation :
  - qualification : sous-chef de patrouille (SCP) 2009
  - école de spécialisation : Tours
  - année de sortie d'école : 2006
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG
Total (h)	1 760	860	120	120	18	18

- Date du dernier vol comme pilote :
  - sur l'aéronef :
    - de jour : 22 août 2014
- Carte de circulation aérienne :
  - type : carte verte

## 1.5.2.2. Stagiaire NOSA

- Age : 25 ans
- Unité d'affectation : ETO 01/008
  - fonction dans l'unité : stagiaire NOSA
- Formation :
  - qualification : NOSA (2014)
  - école de spécialisation : Tours
  - année de sortie d'école : 2014
- Heures de vol comme NOSA :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG
Total (h)	220	220	60	60	15	15

## 1.5.3. Équipage de l'Alphajet leader

## 1.5.3.1. Pilote

- Age : 43 ans
- Unité d'affectation : ETO 01/008
  - fonction dans l'unité : instructeur
- Formation :
  - qualification : chef de patrouille (CP) 2001
  - école de spécialisation : Tours
  - année de sortie d'école : 1993
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG
Total (h)	4 291	1 535	114	105	18	9

- Date du dernier vol comme pilote :
  - sur l'aéronef :
    - de jour : 25 août 2014
- Carte de circulation aérienne :
  - type : carte verte

## 1.5.3.2. Stagiaire NOSA

- Age : 22 ans
- Unité d'affectation : ETO 01/008
  - fonction dans l'unité : stagiaire NOSA
- Formation :
  - qualification : NOSA
  - école de spécialisation : Tours
  - année de sortie d'école : 2014
- Heures de vol comme NOSA :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG	sur tout type	dont Alphajet NG
Total (h)	225	225	54	54	13	13

## 1.6. Renseignements sur les aéronefs

## 1.6.1. Cessna immatriculé F-HPGX

Le Cessna 172 R est un appareil quadriplace à aile haute et train d'atterrissage tricycle fixe. Conçu par la société Cessna Aircraft Company basée à Wichita, Kansas – États-Unis, il est certifié en utilisation normale et utilitaire.

Ses caractéristiques, en rapport avec l'événement, sont :

- envergure : 10,97 m ; longueur : 8,20 m et hauteur au sol : 2,71 m ;
- vitesse de croisière : entre 100 et 115 kt (à l'altitude de l'événement).

L'appareil F-HPGX :

- est équipé d'une radio VHF<sup>12</sup> et d'un transpondeur ;
- ne possède pas d'équipement de type ACAS<sup>13</sup> ;
- est de couleur blanche avec des bandes orange et bleues.

## 1.6.2. Patrouille d'Alphajet « RIVAGE FOX »

- Base aérienne de stationnement : BA 120 de Cazaux
- Unité d'affectation : ESTA 15.008
  - configuration : lisse
  - armement : aucun
- Caractéristiques :
  - envergure : 9,11 m et longueur : 11,84 m
  - vitesse de croisière : 420 kt

<sup>12</sup> VHF : *very high frequency* – gamme de très haute fréquence (30 à 300 MHz).

<sup>13</sup> ACAS : *airborne collision avoidance system* – système anticollision embarqué.

Les Alphajet NG :

- sont équipés d'une radio VHF, d'une radio UHF<sup>14</sup> et d'un transpondeur ;
- ne possèdent pas de système anticollision embarqué (de type ACAS) ;
- sont de couleur grise et équipés de marquage école orange ;
- ont les feux (anticollision, de formation et de navigation) réglés sur « fort / clignotant » en position « jour » ;
- sont équipés d'un système d'enregistrement de type VTH.

## **1.7. Conditions météorologiques**

### **1.7.1. Prévisions**

Les prévisions sont CAVOK<sup>15</sup>.

### **1.7.2. Observations**

Le ciel est dégagé sur la région de Périgueux. Sur la zone de l'événement, les conditions de visibilité et de nébulosité sont très bonnes.

Les conditions météorologiques sont compatibles avec les règles de vol à vue en CAG VFR régissant le vol du Cessna 172 et avec les règles de CAM V de jour régissant celui de la patrouille RIVAGE FOX, dans le type d'espace concerné par cet événement.

## **1.8. Aides à la navigation**

Sans objet.

## **1.9. Télécommunications**

Le pilote du Cessna veille la fréquence VHF de l'AFIS de Périgueux.

La patrouille est en émission-réception sur la fréquence UHF d'auto-information défense ainsi que sur la fréquence VHF inter-patrouille.

## **1.10. Renseignements sur l'aérodrome**

L'événement a lieu en espace aérien non contrôlé et aucun aérodrome n'est concerné.

---

<sup>14</sup> UHF : *ultra high frequency* – gamme d'ultra haute fréquence (300 à 3 000 MHz).

<sup>15</sup> *Ceiling and visibility ok* : visibilité  $\geq$  10 km, pas de nuage au-dessous de l'altitude minimale de secteur la plus élevée ou une hauteur de 5 000 ft (1 500 m) par rapport à l'aérodrome, pas de prévision de dégradation significative, pas de nuages orageux.

### **1.11. Enregistreurs de bord**

Les Alphajet de la patrouille RIVAGE FOX sont équipés d'un dispositif d'enregistrement vidéo de la VTH dont les données sont valides et ont été exploitées : le Cessna est visible sur la vidéo de la VTH (voir détails en annexe).

Le Cessna n'est pas équipé d'un dispositif d'enregistreur de paramètres.

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

Sans objet.

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

Le pilote du Cessna et l'équipage de l'Alphajet 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**

Sans objet.

### **1.17. Renseignements sur les organismes**

Aéroclub de Périgueux :

L'aéroclub qui met en œuvre le Cessna 172 R est dirigé par l'Association Sportive Aéronautique de Périgueux (ASAP), association de type « loi de 1901 » qui possède une flotte de trois avions. Chaque membre de l'association peut utiliser les avions, dans la limite de ses qualifications et du règlement intérieur du club.

L'ASAP dispense des formations au brevet d'initiation aéronautique, au brevet de base et à la PPL, ainsi que des stages de « découverte et d'initiation au pilotage d'avions ». Elle propose également tout au long de l'année des baptêmes de l'air à destination des particuliers ou des groupes.

L'aéroclub est installé sur l'aérodrome civil de Périgueux. Cet aérodrome est ouvert à la circulation aérienne publique et ne dispose pas d'espace aérien associé (CTR<sup>16</sup>). L'activité aérienne y est gérée par les services d'Aquitaine approche, mais localement, les agents AFIS<sup>17</sup> rendent pendant des heures de service publiées sur AIP<sup>18</sup>, depuis une tour, des services d'information et d'alerte (jamais de contrôle).

École de transition de Cazaux (ETO) :

L'ETO de Cazaux est un organisme subordonné au CFA et au « *advanced figther training center* ». Son objectif est de transformer le personnel français et belge, breveté pilote ou NOSA, sur avion de type Alphajet.

Le programme de transformation comporte principalement des missions de combat à plusieurs avions en « zones réservées hautes altitudes » ainsi que des vols d'assaut à très basse hauteur (500 ft/sol et 420 kt) en patrouille (jusqu'à 4 avions au maximum), réalisées pour partie en espace aérien de classe « G », dans un cadre tactique simple mais évolutif.

### **1.18. Renseignements supplémentaires**

Sans objet.

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

Sans objet.

---

<sup>16</sup> De l'anglais *ConTRol zone ou Control Traffic Region*, espace aérien réglementé, destiné à protéger les vols à l'arrivée ou au départ d'un aérodrome.

<sup>17</sup> Type d'organisme de la circulation aérienne.

<sup>18</sup> Publication d'information aéronautique.

## 2. ANALYSE

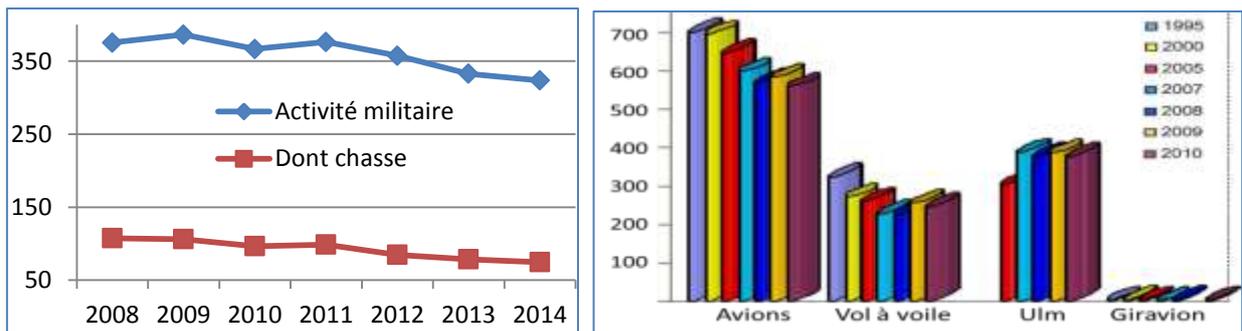
L'événement est une quasi-collision en espace aérien non-contrôlé de classe « G<sup>19</sup> » entre le n° 2 d'une patrouille de deux Alphajet en CAM V et un avion léger de type Cessna 172 R en CAG VFR.

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première expose les résultats des études statistiques concernant ce type d'événement et l'environnement dans lequel les deux pilotes évoluent. La seconde a pour objet de reconstituer le scénario de l'événement. La troisième consiste à identifier les causes possibles de cet incident.

### 2.1. Activité aérienne et environnement des pilotes

#### 2.1.1. Évolution de l'activité aérienne

Depuis plusieurs années, le trafic aérien de la défense est **en baisse**, ce qui se répercute *de facto* sur l'activité réacteur et sur celle en très basse altitude/hors zone contrôlée. De même, l'activité globale de l'aviation légère<sup>20</sup> est **en baisse** alors que le nombre d'adhérents est en progression<sup>21</sup>.



Activité aérienne militaire et de l'aviation légère civile (en milliers d'heures de vol)

On observe une tendance à la modernisation des flottes militaires<sup>22</sup> ainsi qu'une forte activité hors métropole qui s'inscrit dans la durée.

Concernant l'aviation légère civile, la baisse d'activité globale correspond à une baisse d'expérience des adhérents, sauf pour les ULM.

<sup>19</sup> Voir § 2.1.5. Espace aérien inférieur de classe « G ».

<sup>20</sup> L'aviation légère regroupe l'aviation sportive et de loisirs, à l'exclusion de l'aviation de transport commercial et du travail aérien.

<sup>21</sup> Source : étude 2011 du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

<sup>22</sup> Généralisation des *glass-cockpit*.

### 2.1.2. Collisions (et quasi-collisions) dans la causalité des événements

Sur le plan de la typologie des accidents<sup>23</sup>, on remarque en aviation civile que **moins de 0,5 % des accidents mortels ont pour cause une collision ou quasi-collision en vol** (2 % des accidents non-mortels), à comparer aux 6,5 % d'accidents mortels dont la cause est une perte de contrôle en vol et aux 22,5 % d'accidents non mortels dont la cause est un contact anormal avec la piste ou le sol.

En ce qui concerne les événements mixtes qui ont eu lieu en espace aérien de classe « G », on constate que le nombre de quasi-collisions entre aéronefs civils et militaires **est relativement faible** au regard du volume de vols effectués.

Année	Aéronef militaire	Base	Aéronef civil	Base	Lieu de l'événement
2010	Rafale	Saint-Dizier	MCR-4S	/	Ambérieu
2012	Mirage F1	Mont-de-Marsan	TB 9	/	Toulouse

Quasi-collisions ayant fait l'objet d'une enquête de sécurité

Il en va de même pour l'occurrence des collisions entre aéronefs civils et militaires, **extrêmement faible**, puisque que l'on dénombre 3 cas en 20 ans, comme en témoigne le tableau ci-dessous :

Année	Aéronef militaire	Base	Aéronef civil	Base	Lieu de l'événement
1995	Fouga-Magister	Salon de Provence	Planeur	Saint-Auban	Forcalquier
2004	Mirage 2000	/	Ulm Sky Ranger	Ambert	Clermont-Ferrand
2007	Mirage 2000	Luxeuil	Ulm Storm 300	Châlon	Etrigny

Collisions entre aéronefs civil et militaire

### 2.1.3. Gestion des événements mixtes

Lorsqu'un commandant de bord estime que la sécurité de son aéronef a été compromise par un risque de collision avec un autre aéronef (le sol, un véhicule ou une personne), il a la possibilité de déposer un *Airprox*. Il est toutefois à noter que l'appréciation du risque est subjective.

Dans le cas présent, le pilote du Cessna ne dépose pas d'*Airprox* mais informe le service d'information de vol (AFIS) de Périgueux-Bassillac, qui rédige le jour même une fiche de notification d'événement<sup>24</sup>.

*Cette procédure n'est pas appropriée car l'AFIS n'est pas concerné par cet événement.*

Les événements mixtes (CAG/CAM) sont traités par la CMSA. Bien qu'en augmentation par rapport à l'année précédente, le nombre d'*Airprox* mixtes traité en 2012 par la CMSA est inférieur de moitié comparativement aux années dont le volume de trafic est semblable (une quarantaine pour les années 2008 et 2009 contre seulement 22 en 2012).

Ces données ne concernent que les cas recensés. En l'absence de moyen technique de détection avionné dans chaque appareil, elles ne représentent pas la totalité des situations conflictuelles mixtes (cas ou aucun des deux aéronefs n'a vu l'autre par exemple).

<sup>23</sup> Source : rapport sur la sécurité aérienne 2013 de la DGAC-DSAC.

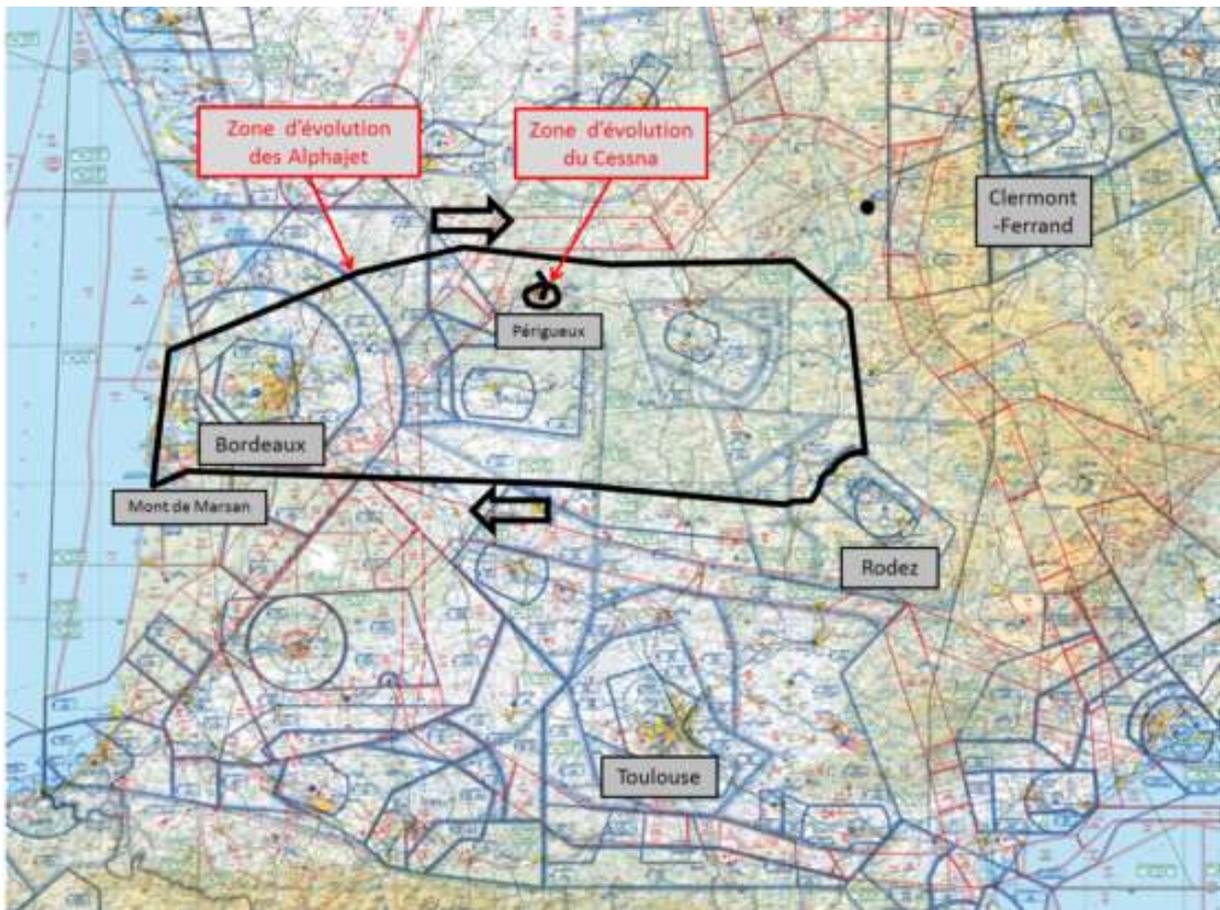
<sup>24</sup> N° 19-2014 du 25 août 2014 transmise à la DGAC.

#### 2.1.4. Deux « mondes » différents, un espace aérien commun

Le Cessna 172 R immatriculé F-HPGX est mis en œuvre par l'aéroclub de Périgueux-Bassillac, d'où il a décollé. L'aéronef effectue un vol circulaire d'environ 20 minutes dans le sens horaire autour de la ville de Périgueux. Il évolue à environ 100 kt et a stabilisé son altitude à 1 800 ft QNH (soit environ 1 100 ft/sol).

L'Alphajet immatriculé F-UHRP est inséré comme n° 2 au sein d'une patrouille qui a décollé de Cazaux pour une mission de type « haut-bas-haut » d'environ 1 heure 15 minutes. Après avoir percé avec l'approche de Cognac, la patrouille se déploie en formation de manœuvre défensive (écartement latéral entre les avions d'environ 2 000 mètres) et descend en très basse altitude<sup>25</sup> pour un exercice d'attaque simulée dans la région de Périgueux avant de poursuivre son vol et de retourner sur sa base en HA<sup>26</sup>.

L'extrait de carte ci-dessous illustre les deux contextes différents dans lesquels le pilote du Cessna et celui de l'Alphajet évoluent : des vols locaux de 20 minutes à 1 800 ft QNH (= 1 000 ft/sol) pour l'un et une navigation de 1h15 entre 500 ft/sol et le FL<sup>27</sup> 210 sur une bonne partie du quart sud-ouest de la France pour les autres.



Coupure Sud-Ouest – cartographie 1/500 000

<sup>25</sup> 500 ft/sol.

<sup>26</sup> Haute altitude sous contrôle radar.

<sup>27</sup> FL : *flight level* – niveau de vol.

Les deux mobiles se croisent au-dessus de la commune de Coulounieix-Chamiers (à 6,7 Nm dans le 260° de l'aérodrome de Périgueux). Ils se détectent à très courte distance en face à face, alors qu'ils évoluent en VMC (*visual meteorological conditions* – conditions météorologiques de vol à vue), par très bonne visibilité et en espace aérien non contrôlé (classe « G »).

En accord avec la réglementation en vigueur dans ce type d'espace, les aéronefs ne sont pas équipés de moyen technique de détection. Leurs équipages ne veillent pas de fréquence radio commune.

#### 2.1.5. Espace aérien inférieur de classe « G »

Ce type d'espace aérien est dit « non contrôlé », c'est-à-dire que la prévention des abordages entre les différents aéronefs y est assurée par les pilotes eux-mêmes et que les évitements se font à vue, sous leur propre responsabilité par application du **principe « voir et éviter »**.

Certaines mesures peuvent être prises pour faciliter l'application de ce principe :

- marques de signalisation (peinture, feux ...) qui permettent une meilleure acquisition visuelle ;
- informations sur la présence d'activité aérienne « potentielle » ou habituelle ;
- procédures d'auto-information qui consistent à transmettre « en l'air » des messages de compte-rendu de position.

Pour améliorer la compatibilité et la sécurité des deux circulations (CAM et CAG) en basse et très basse altitude, plusieurs études ont été menées et un groupe de travail a été créé en juillet 2003 entre les directions de la navigation aérienne et de la circulation aérienne militaire. Plusieurs pistes d'améliorations ont été identifiées : sensibilisation des deux types d'utilisateurs (civils et militaires), diffusion de l'information, évitement des zones potentiellement à risques (zones à forte activité, proximité des aérodromes ...).

Une expérimentation, demandée par le directoire de l'espace aérien<sup>28</sup>, a été organisée du 4 avril au 27 mai 2011 par les autorités militaires et civiles de la circulation aérienne dans les espaces aériens de Clermont-Ferrand. Intitulée « contact radio des CAM V en secteur d'information de vol (SIV) », elle avait pour objectif d'expérimenter le service d'information de trafic dans les espaces SIV au profit des aéronefs volant en CAM V et en CAG VFR. Cette expérimentation a été poursuivie du 7 janvier au 13 juin 2013 sur une zone étendue à plusieurs SIV.

Les conclusions de ces expérimentations sont peu satisfaisantes : elles montrent que la structure SIV (même élargie à plusieurs SIV) n'est pas adaptée aux vitesses de l'aviation de combat car elle implique des changements de fréquence trop rapprochés et donc une surcharge de travail pour les pilotes de chasse, qui *in fine* compromet en fait la sécurité des vols.

---

<sup>28</sup> Organe de concertation et de coordination, le directoire de l'espace aérien est composé du directeur des affaires stratégiques et techniques et du directeur de la circulation aérienne militaire et veille à la coordination des actions de l'État, d'une part, dans le domaine de l'organisation de l'espace aérien national et des espaces aériens placés sous juridiction française, et, d'autre part, dans le domaine de la réglementation de leur utilisation. Il veille également à la compatibilité des règles applicables à chaque circulation aérienne et fixées conjointement par le ministre chargé de l'aviation civile et le ministre de la défense.

Le recours à des moyens techniques spécifiques de type transpondeur ou tout autre système d'alerte de trafic et d'évitement de collision<sup>29</sup> a également été étudié. Tous ces dispositifs ont cependant montré, **en l'état actuel des choses**, leur limite d'efficacité.

## 2.2. Reconstitution de la séquence de l'événement

Les évolutions et les trajectoires des aéronefs dans la phase qui précède la quasi-collision n'apportent pas d'éléments particuliers pour la compréhension de l'événement.

La reconstitution de la séquence de l'événement débute à partir du moment où le Cessna 172 R est « visible » sur la VTH de l'Alphajet. Elle s'appuie sur les visualisations (captures d'écran) ci-dessous, pour lesquelles le  $T_0$  correspond à l'instant du croisement entre l'Alphajet n° 2 et le Cessna 172 R.

Les distances qui figurent en légende des trois premiers clichés sont données à titre indicatif. Elles sont élaborées à partir de  $T_0$  avec les vitesses suivantes : Alphajet ~ 435 kt et Cessna 172 R ~ 100 kt, soit une vitesse de rapprochement de l'ordre de 535 kt soit 275 m/s.

Les distances ne figurent plus sur les derniers clichés car elles ne sont plus représentatives de la distance « latérale » entre les aéronefs.

Le Cessna 172 R est repéré par une marque de couleur rouge.



Extraction de la VTH à  $T_0$  - 4,64 s (distance entre les aéronefs : 1 276 m)

<sup>29</sup> TCAS (traffic alert and collision avoidance system), FLARM (flight alarm).



Extraction de la VTH à  $T_0 - 2,24$  s (616 m)



Extraction de la VTH à  $T_0 - 1,08$  s (297 m)



Extraction de la VTH à  $T_0 - 0,44$  s



Extraction de la VTH à  $T_0 - 0,12$  s



Extraction de la VTH à  $T_0 - 0,04$  s

La signalisation de la VTH comporte le symbole  qui donne la position future de l'avion.

Les extraits ci-dessus permettent de constater que ce symbole n'a jamais été superposé sur le Cessna 172 R et que les aéronefs ne se seraient pas heurtés même en l'absence de toute manœuvre d'évitement.

## 2.3. Recherche des causes de l'incident

### 2.3.1. Causes environnementales

Les conditions de vol dans la région de Périgueux sont CAVOK et le soleil n'a pas gêné les pilotes au moment de l'événement.

**La vision des pilotes et leur capacité de détection n'ont pas été perturbées par une cause d'origine environnementale.**

### 2.3.2. Causes techniques

Les témoignages recueillis permettent de confirmer le bon fonctionnement des aéronefs.

**Aucune défaillance technique n'est à l'origine de l'événement.**

### 2.3.3. Domaine relevant des facteurs humains et organisationnels<sup>30</sup>

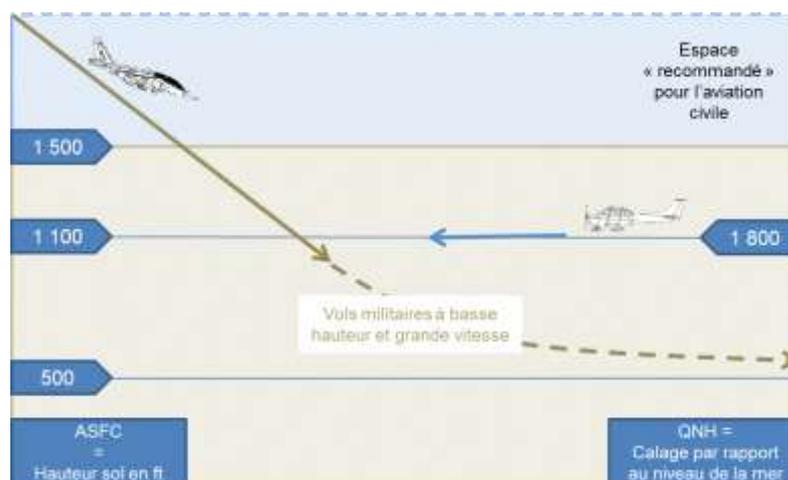
#### 2.3.3.1. Concernant le pilote du Cessna 172 R

Les cartographies (civile et militaire) comportent un encart « AVIS IMPORTANT » qui attire l'attention des pilotes sur les vols d'avions d'armes à basse altitude et grande vitesse et recommande aux pilotes VFR de conduire leur vol en croisière au-dessus de 1 500 ft ASFC (soit 1 500 pieds au-dessus de la surface du sol).



#### Avertissement sur les cartographies réglementaires

En volant à une hauteur de 1 800 ft QNH, le pilote pense probablement être au-dessus des 1 500 ft recommandés. S'agissant de de 1 500 ft ASFC, il vole en réalité à 1 100 ft/sol soit environ 400 ft en dessous de la recommandation. En volant **dans la zone conflictuelle**, le pilote du Cessna 172 R commet une erreur de perception.



#### Calages altimétriques

<sup>30</sup> Cette analyse s'inspire de manière non restrictive de la grille *Human factor analysis and classification system* (HFACS) ; il s'agit d'un outil de classification et d'analyse des facteurs humains et organisationnels.

**L'hypothèse d'une confusion entre les différentes altitudes de vol est possible.**

Focalisation de l'attention et gestion du risque inappropriée : le pilote relate avoir vu l'Alphajet leader en premier sur sa gauche et précise également qu'il a fait part à son passager de sa surprise de voir cet aéronef à cet endroit. En même temps, il annonce qu'il peut y avoir un deuxième Alphajet dans les alentours. Le pilote sait qu'un autre aéronef *peut* se trouver dans la zone, mais son attention reste focalisée sur le premier qu'il a vu.

Aucune anomalie de la fonction visuelle du pilote n'étant avérée, la détection tardive de l'aéronef de droite (en face à face) est probablement liée au fait que le pilote a tourné la tête vers la gauche pour regarder le premier Alphajet. L'alerte est donnée par le passager qui voit un aéronef grossir rapidement en face à face.

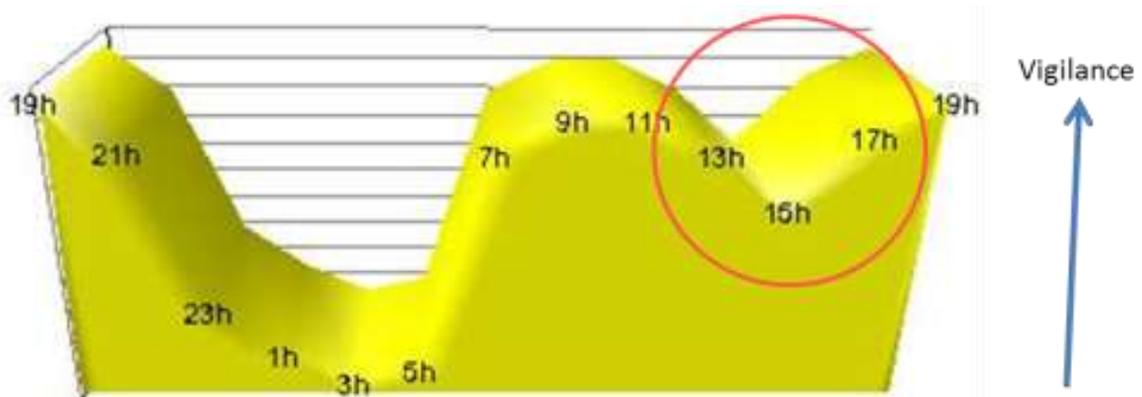
**La focalisation de l'attention du pilote du Cessna 172 R sur l'Alphajet leader, qu'il voit en premier, est possible.**

Même si le pilote fait part à son passager de la présence potentielle d'un second aéronef, il ne réalise pas pour autant de surveillance accrue du ciel alors même qu'il se trouve dans une zone de classe « G ».

Il *s' imagine* protégé par la proximité des installations de l'aérodrome de Périgueux et de son AFIS. Il manque d'information sur l'équipement des aéronefs militaires en matière de détection (présence et capacité du radar, ACAS...) et n'est pas non plus avisé du cadre d'évolution des avions militaires (basse altitude et grande vitesse).

**Le manque de prise en compte du risque que représentent les avions militaires évoluant à grande vitesse est probablement dû à la méconnaissance de leurs capacités de détection et de leur cadre d'évolution.**

Rythme circadien, fatigue et hypovigilance : le pilote civil, âgé de 70 ans, a effectué quatre rotations dans la journée. Même s'il n'a pas ressenti de fatigue particulière, l'incident intervient vers 16 heures, un créneau horaire favorable à l'hypovigilance dans le rythme circadien.



Le rythme circadien de la vigilance

### 2.3.3.2. Concernant le pilote de l'Alphajet n° 2

Charge cognitive importante : le pilote de l'Alphajet n° 2 assure plusieurs fonctions au sein de la patrouille :

- il pilote l'avion et en assure les responsabilités de commandant de bord ;
- il est en charge de la formation tactique du stagiaire en place arrière ;
- il assure l'animation de la patrouille (en donnant des ordres au chef de patrouille qui se trouve dans l'avion leader).

Même s'il s'agit d'un pilote expérimenté et que cette configuration lui est habituelle, le temps consacré à la surveillance du ciel peut être réduit. Ces nombreuses et différentes tâches représentent une charge cognitive importante. Pour y faire face, le pilote est obligé de les séquencer et doit naturellement répartir ses ressources cognitives en fonction de la tâche qui a la priorité du moment.

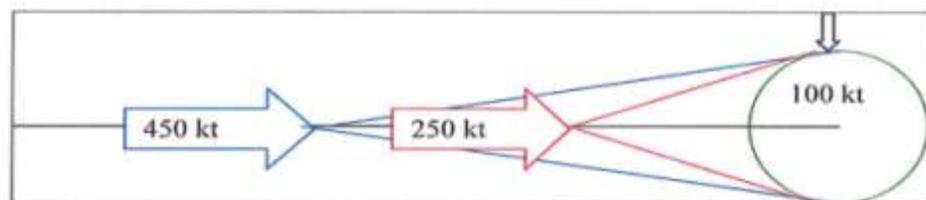
**La charge cognitive élevée du pilote de l'Alphajet n° 2, due notamment à la multiplicité de tâches gérées, a probablement eu comme effet de réduire les ressources attribuées à la tâche « surveillance du ciel ».**

### 2.3.3.3. Limites physiologiques de la vision humaine

La probabilité de détection visuelle d'un aéronef en vol dépend de plusieurs facteurs qui interagissent. Les principaux sont :

- le temps consacré par les pilotes à la surveillance du ciel ;
- l'efficacité de la surveillance du ciel, directement liée à la méthode employée et à l'acuité visuelle des intéressés ;
- les trajectoires, le défilement et les différences de couleurs et de contrastes ;
- l'anticipation de la détection.

Ce dernier facteur est primordial pour permettre les meilleures conditions d'évitement.



Cônes de conflit dans le cas de trajectoires perpendiculaires

Dans le cas présent, cette anticipation a été quasiment nulle car :

- les avions sont en face à face, ce qui implique une quasi fixité **défavorable** à la détection (l'œil perçoit en premier le mouvement et détecte plus tard ce qui est fixe) ;
- l'environnement (par beau temps) est défavorable car il y a peu de **contraste** avec l'arrière-plan ;
- la vitesse de rapprochement (537 kt) est élevée et des études montrent que lorsqu'elle est supérieure à 200 kt, la probabilité de détection diminue fortement (voir Annexe 1).

Ayant des trajectoires convergentes, les pilotes voient l'autre appareil à gisement constant. Ils semblent donc immobile l'un par rapport à l'autre. Cette immobilité apparente est pénalisante car la détection se fait principalement en vision périphérique et grâce au mouvement.



Cas de trajectoires convergentes (cas présent)

La perception tardive mutuelle des aéronefs s'explique donc par :

- l'absence de défilement, du fait de la configuration des trajectoires (gisement quasi constant) ;
- la vitesse de rapprochement élevée (voir Annexe 1) engendrant un grossissement rapide.

**L'hypothèse d'une perception tardive mutuelle due à des trajectoires convergentes, à une vitesse de rapprochement élevée et à un faible contraste lumineux est certaine.**

Les mécanismes centraux de la perception et de la mémorisation sont sollicités pour la reconnaissance de forme et de trajectoire d'un objet mobile (aéronef). L'expérience montre que la durée de traitement de l'information visuelle est de l'ordre de la demi-seconde pour la transmission du message visuel aux structures centrales et de deux secondes et demie pour que le cerveau effectue les opérations de reconnaissance.

Il en résulte une latence de l'ordre de trois secondes pour qu'un pilote puisse identifier un objet comme étant un aéronef à partir du moment où celui-ci devient perceptible.

Dans le cas qui nous concerne, l'enregistrement de la VTH de l'Alphajet n° 2 nous permet de dire que le pilote détecte le Cessna environ une demi-seconde avant le croisement.

**L'expérience et l'entraînement du pilote de l'Alphajet n° 2 lui ont permis de faire une manœuvre d'évitement par « action réflexe » sur les commandes de vol.**

#### 2.3.3.4. Concernant l'organisation

Une doctrine qui présente des limites : « la règle voir et éviter »

La France est un pays dont la superficie est trop grande<sup>31</sup> pour que l'ensemble du territoire soit couvert par le dispositif de radars du contrôle aérien, notamment dans les basses couches. Dès lors, la seule règle de circulation aérienne qui subsiste dans les espaces aériens qui ne sont pas sous la « couverture radar » est celle du principe « voir et éviter », en dehors de moyens de détections autonomes embarqués dans les aéronefs les mieux équipés.

<sup>31</sup> Plus de 640 000 km<sup>2</sup>.

Les « règles de l'air » applicables aux aéronefs dans ce type d'espace aérien (type « G ») consistent essentiellement en l'exercice d'une attention visuelle permanente afin d'éviter un abordage avec un autre aéronef ou une collision avec un obstacle. La réglementation en vigueur n'exige aucun compte rendu de position et n'attribue aucune fréquence à cet effet.

Une étude australienne<sup>32</sup> a conclu que l'application du principe « voir et éviter », en l'absence d'avertissement de trafic<sup>33</sup>, « ... avait de sérieuses limites et que le petit nombre d'abordages signalés était tant dû au faible trafic et à la chance qu'à l'application de la règle ... » et « ... que la façon la plus efficace de remédier à ces lacunes consistait à moins dépendre de ce principe ».

Dans le cas présent, il n'y a pas eu d'information de trafic et le Cessna 172 R n'est visible dans la VTH de l'Alphajet qu'environ 3 secondes avant le croisement, le pilote ne détectant le Cessna qu'environ une demi-seconde avant le croisement.

Le temps de réaction ne peut être considéré comme constant. Il dépend du pilote et de l'appareil (très grande variabilité). Il comprend la reconnaissance de la cible (aéronef), l'analyse d'une collision potentielle, la décision de l'évitement, l'action sur les commandes et le temps de manœuvre de l'appareil.

Quelques secondes sont nécessaires pour réaliser cette séquence et l'effet de surprise peut retarder ou inhiber les réactions du pilote.

**La règle « voir et éviter » est donc prise en défaut dès que certaines limites sont atteintes : aspects physiologiques de la vision humaine, vitesses de rapprochement importantes qui réduisent le délai de réaction et, dans une moindre mesure, ergonomie des aéronefs.**

Communication radio : la patrouille d'Alphajet a émis des messages d'auto-information (fréquence de veille UHF) mais l'aviation légère civile ne veille pas cette fréquence. La vitesse d'évolution de la patrouille militaire ne lui permet pas de contacter tous les organismes civils AFIS.

**Les aéronefs n'ont jamais été sur une fréquence commune.**

<sup>32</sup> *Limitations of the See and Avoid Principle* / Australian Transport Safety Bureau - avril 1991.

<sup>33</sup> Cette même étude établit que le temps moyen de détection d'un conflit est de 7 secondes à partir du moment où le pilote reçoit l'information de trafic par radio.

PAS DE TEXTE

### 3. CONCLUSION

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

Une quasi-collision se produit au sud de l'aérodrome de Périgueux-Bassillac entre le n° 2 d'une patrouille de deux Alphajet en CAM V et un avion léger de type Cessna 172 R en CAG VFR, avec à son bord un pilote et trois passagers.

Le Cessna 172 R a décollé du terrain de Périgueux-Bassillac et effectue un vol circulaire d'environ 20 minutes dans le sens horaire autour de la ville de Périgueux. Il évolue à 100 kt et à une altitude d'environ 1 800 ft QNH.

La patrouille d'Alphajet a décollé de Cazaux pour une mission de type « Haut-Bas-Haut » d'environ 1 heure 15 minutes. Après avoir percé avec l'approche de Cognac, la patrouille se déploie en formation de manœuvre défensive (écartement latéral entre les avions d'environ 2 000 mètres) et descend en très basse altitude<sup>34</sup> pour une phase d'attaque simulée qui consiste à délivrer un armement fictif sur des objectifs situés à l'est de Périgueux.

Passant au-dessus de la commune de Coulounieix-Chamiers (à 6,7 Nm dans le 260° de l'aérodrome de Périgueux), les pilotes du Cessna et de l'Alphajet n° 2 se détectent mutuellement à très courte distance et en face à face. Ils effectuent une manœuvre réflexe d'évitement, le premier vers le bas et le second vers la gauche.

Les aéronefs évoluent en vol à vue par très bonne visibilité. Ils se trouvent en espace aérien de classe « G » dans lequel l'anti abordage est basé sur le principe « voir et éviter ». Ils ne sont pas équipés de dispositif technique spécifique de type ACAS.

Le Cessna est resté sur la fréquence de l'AFIS de Périgueux (VHF) alors que la patrouille d'Alphajet utilise une fréquence VHF en interne et veille la fréquence UHF d'auto-information défense. L'avion civil et la patrouille militaire ne sont pas sur la même fréquence.

Les aéronefs ne se sont pas touchés.

#### 3.2. Causes de l'événement

La quasi-collision est consécutive à une détection visuelle tardive des équipages (qui leur a tout de même permis de modifier leurs trajectoires par acte réflexe).

Elle a pour origine l'absence de barrières mécaniques (détection technique, communication radio, ségrégation des espaces d'évolution ...) et les limites du principe « voir et éviter » qui prévaut en espace de classe « G » (limites physiologiques de la vision).

Elle est complétée par un défaut de surveillance du ciel de la part des pilotes dont l'attention a été accaparée par d'autres tâches connexes.

La vitesse de rapprochement élevée (voir Annexe 1) et la convergence de trajectoires sont des facteurs qui n'ont pas permis d'optimiser les techniques de détection appliquées par les pilotes qui étaient par ailleurs « concentrés » dans leurs mondes respectifs.

---

<sup>34</sup> 500 ft/sol.

PAS DE TEXTE

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

Les causes de cet événement s'inscrivent dans une problématique globale qui a déjà été abordée lors des différentes enquêtes de sécurité menées précédemment par le BEA<sup>35</sup> et le BEAD-air.

Bien que le nombre d'événements de ce type soit relativement réduit, sa récurrence résiduelle montre la persistance d'un risque faible et la limite des mesures mises en place jusque-là pour en éviter le renouvellement.

Certains facteurs contributifs relevés lors de cette enquête méritent cependant d'être pris en considération.

#### Suivi de la recommandation de vol au-dessus de 1 500 ft ASFC

Pour prendre en compte le risque généré par la réalisation des missions en basse altitude des avions de chasse (500 ft/sol), un avertissement a été rajouté sur les cartographies (civile et militaire) pour recommander « ... *aux pilotes VFR, pour autant que cela soit possible et permis, de conduire leur vol en croisière à partir de 1 500 ft ASFC* ».

S'il ne suffit pas à rendre le risque nul, notamment dans les phases de transition, le suivi rigoureux de cette recommandation par les pilotes de l'aviation générale est de nature à éviter que ce type d'événement se renouvelle régulièrement.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**au conseil national des fédérations aéronautiques et sportives (CNFAS) de poursuivre la communication au profit des pilotes volant en CAG VFR, notamment via les formateurs et lors du renouvellement des licences<sup>36</sup>, sur l'existence et les enjeux de l'avertissement qui figure en légende de la cartographie réglementaire.**

#### Charge de travail et gestion du risque lors des phases tactiques

L'exercice en cours de réalisation par le pilote aux commandes de l'Alphajet n° 2 et notamment l'instruction à plusieurs niveaux (formation du NOSA stagiaire et animation « fictive » de la patrouille) a vraisemblablement contribué à la défaillance de la surveillance du ciel par cet équipage.

En descente rapide vers le plancher de mission fixé à 500 ft, alors que la patrouille change de formation et est engagée dans un virage, la charge cognitive des instructeurs militaires est très élevée et ne permet pas d'optimiser la surveillance active du ciel.

<sup>35</sup> Encore récemment dans le rapport concernant la « Perte de contrôle en vol de pente à proximité d'un avion de chasse, collision avec des arbres » – événement du 6 mai 2013 entre un planeur et un Alphajet dans la région de Cierp (31).

<sup>36</sup> Grâce également aux publications de type « Info-pilote » et « Mémo pilote VFR ».

Cependant, la règle prédominante en CAM V (ainsi qu'en CAG VFR) reste la surveillance du ciel, en particulier dans les tranches d'altitude où circulent les aéronefs civils.

Cette règle fondamentale est rappelée dans les réglementations particulières aux armées qui mettent en œuvre des chasseurs dans ces conditions<sup>37</sup>.

S'agissant du rappel d'un point spécifique de réglementation, le bureau enquête accidents défense-air n'émet pas de recommandation dans ce domaine.

### **Auto-information « mixte » des vols réalisés en basse altitude**

L'expérimentation demandée par le directoire de l'espace aérien (cf. page 20 du rapport), n'a pas apporté de solution satisfaisante au problème de compatibilité entre CAM V et CAG VFR. Le directoire estime cependant que des progrès ont été réalisés et a demandé au GPBA de continuer à explorer toutes les pistes possibles en vue d'améliorer la sécurité pour l'ensemble des usagers des basses couches.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à la DSAÉ, dans le cadre de la poursuite des travaux du GPBA<sup>38</sup> relatifs à la sécurité et à l'information des usagers utilisant les basses couches, d'explorer toute piste permettant d'améliorer l'intégration des aéronefs évoluant à grande vitesse (> 250 kt).**

### **Équipement des aéronefs**

Compte tenu des limitations physiologiques de l'être humain, le concept « voir et éviter » ne peut être considéré comme suffisant pour éviter les collisions en particulier dans les espaces aériens de classe « G ».

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à la DGAC (pour les flottes des aviations générales, sportive et légère) ainsi qu'aux exploitants étatiques d'étudier des solutions techniques permettant aux aéronefs évoluant dans les basses couches de se signaler,**

et

**à l'armée de l'air, à la marine nationale et à la délégation générale de l'armement d'étudier des solutions techniques permettant à leurs flottes d'avions de chasse de détecter les signaux émis par les aéronefs évoluant dans les basses couches.**

<sup>37</sup> Armée de l'air : Consignes permanentes de maîtrise du risque aérien – Tome Chasse (PAA 03-334) / Chapitre « En cours de mission / Principes élémentaires de l'anti collision » et Marine : Instruction n° 5 relative à la sécurité aérienne / Chapitre « Exécution des vols / Choix du régime de vol ».

<sup>38</sup> Groupe permanent sur la compatibilité des circulations aériennes civile et militaire en basse et très basse altitude.

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

Néant.

**ANNEXES**

ANNEXE 1 Effets de la vitesse de rapprochement.....37  
ANNEXE 2 Décret no 98-884 du 28 septembre 1998 art. 1 Journal Officiel du 3 octobre  
1998).....38

## ANNEXE 1

### Effets de la vitesse de rapprochement

La vitesse de rapprochement est à prendre en considération dans la prévention des collisions. Cependant, ceci doit être relativisé pour deux raisons.

- Seules les faibles vitesses de rapprochement garantissent une sécurité quasi-totale. Une étude<sup>39</sup> a montré que si **97 %** des collisions pouvaient être évitées par la simple application de la règle « voir et éviter » pour des vitesses de rapprochement inférieures à 200 kt, ce taux tombait à **47 %** pour des vitesses de rapprochement de 400 kt.

Ainsi deux appareils respectant la vitesse limite de 250 kt imposée en CAG VFR et qui voleraient sur des trajectoires conflictuelles strictement opposées auraient une vitesse de rapprochement de 500 kt. La probabilité de collision, c'est-à-dire la probabilité qu'aucun des 2 pilotes ne voit à temps l'autre appareil, serait supérieure à 50 %.

- La vitesse des avions de combat ne peut être suffisamment abaissée pour garantir une efficacité suffisante de la règle « voir et éviter ». Des considérations sécuritaires et opérationnelles limitent la vitesse minimale :
  - incompatibilité avec le domaine d'emploi (fonctionnement des réacteurs, manœuvrabilité...);
  - respect des domaines en utilisation dégradée ou secours et notamment pour le rallumage d'urgence des réacteurs ;
  - entraînement garantissant l'acquisition et le maintien d'un niveau opérationnel minimum.

Ainsi, bien qu'influente, la seule limitation de la vitesse reste un facteur qui ne permet pas une prévention réellement efficace des risques de collisions. Difficilement adaptable au milieu de l'aviation de combat, elle ne présente en fait une véritable garantie que pour les aéronefs évoluant à très faible vitesse (inférieure à une centaine de kt).

---

<sup>39</sup> Graham et Orr, 1970.

## ANNEXE 2

### **Décret no 98-884 du 28 septembre 1998 art. 1 Journal Officiel du 3 octobre 1998)**

Afin d'encourager le développement de l'aviation légère, un aéroclub peut faire effectuer, en avion ou en hélicoptère, par des membres bénévoles, des vols locaux à titre onéreux au profit de personnes étrangères à l'association, aux conditions fixées ci-après.

Le vol local est, pour l'application du présent article :

- un vol de moins de trente minutes entre le décollage et l'atterrissage.
- n'impliquant pas de transport entre deux aérodromes
- et durant lequel l'aéronef ne s'éloigne pas à plus de 40 kilomètres de son point de départ.

L'aéroclub doit être un aéroclub agréé dans des conditions fixées par le ministre chargé de l'aviation civile. Il doit :

- souscrire une police d'assurance couvrant sa responsabilité civile tant à l'égard des personnes transportées qu'à l'égard des tiers
- n'effectuer ni démarchage ni publicité à titre onéreux
- et limiter cette activité à moins de 8 % des heures de vol totales effectuées dans l'année civile, les heures effectuées en vol local dans le cadre de manifestations aériennes étant non comprises dans ce décompte.

Les aéronefs utilisés ne peuvent être que ceux habituellement exploités par l'aéroclub.

Le pilote membre de l'aéroclub est autorisé à effectuer des vols locaux par le président de l'aéroclub. Il doit être :

- majeur
- titulaire d'une licence de pilote professionnel avion ou hélicoptère
- ou d'une licence de pilote privé avion ou hélicoptère et, dans ce dernier cas, totaliser deux cents heures de vol au titre de la licence détenue, dont trente heures dans les douze derniers mois.

Il doit être détenteur d'un certificat d'aptitude physique et mentale délivré depuis moins d'un an.

Les vols en formation ou comportant des exercices de voltige sont exclus des présentes dispositions.