



# Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

## Rapport d'enquête de sécurité



A-2022-12-A

Date de l'évènement	22 mai 2022
Lieu	Base aérienne 709 de Cognac (Charente)
Type d'appareil	Deux Rafale C
Organisme	Armée de l'Air et de l'Espace



## AVERTISSEMENT

### UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, 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 aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule responsabilité de son utilisateur.

### COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

---

## CRÉDITS

		Page de garde
Figure 1	Pixabay Armée de l'Air et de l'Espace	8
Figure 2	RESEDA et Google	9
Figure 3	Service de l'information aéronautique	12
Figure 4	Armée de l'Air et de l'Espace	13
Figures 5 et 6	BEA-É	14
Figures 7 et 8	Gendarmerie nationale	15
Figures 9 et 10	DGA EP/RESEDA	17
Figures 11 et 12	Armée de l'Air et de l'Espace	20

## TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE .....	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base .....	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	9
1.3. Dommages aux aéronefs .....	9
1.4. Autres dommages .....	9
1.5. Renseignements sur les pilotes .....	10
1.6. Renseignements sur les aéronefs.....	10
1.7. Conditions météorologiques .....	11
1.8. Aides à la navigation .....	11
1.9. Télécommunications .....	11
1.10. Renseignements sur l'aéroport .....	12
1.11. Enregistreurs de bord.....	13
1.12. Constatations sur les aéronefs et sur la zone de retombée des débris.....	13
1.13. Renseignements médicaux.....	16
1.14. Incendie.....	16
1.15. Questions relatives à l'organisation des secours.....	16
1.16. Essais et recherches .....	16
1.17. Renseignements sur les organismes.....	16
2. Analyse.....	17
2.1. Expertises techniques.....	17
2.2. Séquence de l'évènement.....	17
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	18
3. Conclusion .....	27
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement .....	27
3.2. Causes de l'évènement .....	27
4. Recommandations de sÉcurité .....	29
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement .....	29
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement .....	30

## GLOSSAIRE

BA	Base aérienne
BAAC	Brigade aérienne de l'aviation de chasse
CFA	Commandement des forces aériennes
DGA EP	Direction générale de l'armement – Essais propulseurs
DV	Directeur des vols
EC	Escadron de chasse
ESPAR	Enregistreur statique de paramètres
EVAA	Équipe de voltige de l'armée de l'air
EVN	Enregistreur de vidéo numérique
FMO	Formation de manœuvre offensive
Ft	<i>Feet</i> – pieds. Un pied vaut 30,48 centimètres
Kt	<i>Knots</i> – nœuds. Un nœud vaut 1,852 kilomètre par heure
PAF	Patrouille de France
PS	Patrouille serrée
RC	Régiment de chasse
RESEDA	Restitution des enregistreurs d'accidents
RSD	<i>Rafale Solo Display</i>
Spectra	Système de protection et d'évitement des conduites de tir du Rafale
SV	Surveillant des vols
UHF	<i>Ultra high frequency</i> – ultra haute fréquence
VTH	Visualisation tête haute
VHF	<i>Very high frequency</i> – très haute fréquence

## SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 22 mai 2022 à 12h36  
Lieu de l'évènement : base aérienne (BA) 709 de Cognac  
Organisme : armée de l'Air et de l'Espace  
Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA)  
Unité : régiment de chasse (RC) 2/30 « Normandie Niemen »  
Aéronef : Rafale C immatriculé F-UHIN et Rafale C immatriculé F-UHGA  
Nature du vol : démonstration aérienne  
Nombre de personnes à bord : 1 dans chaque avion

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

Lors du Meeting National Air de Cognac, la patrouille « Vautour Bravo » effectue une présentation tactique basique<sup>1</sup>. Après un « *show of force*<sup>2</sup> » en formation de manœuvre offensive<sup>3</sup> (FMO) sur l'axe de présentation, le leader fait un virage serré à droite puis cabre plein réduit pour effectuer une oreille<sup>4</sup> par la gauche et permettre à son équipier de le rassembler<sup>5</sup> en patrouille serrée<sup>6</sup> (PS). Le leader a une vitesse plus faible que d'habitude. L'équipier arrive derrière le leader par le dessous et, constatant une vitesse de rapprochement importante, lui demande d'accélérer. Le leader augmente la puissance et rend la main<sup>7</sup>. L'équipier le percute alors par le dessous.

La patrouille annonce l'arrêt de la démonstration à la radio et le contrôle aérien déclenche immédiatement le klaxon crash. Les deux avions restent pilotables. L'équipier s'établit en vent arrière par un grand virage à gauche et se pose en premier avec le haut de la dérive manquant. Le leader, qui perçoit son plan canard endommagé, s'écarte vers le nord en évitant la ville puis effectue des essais de manœuvrabilité avant de se poser en longue finale de précaution.

Les deux aéronefs sont fortement endommagés, les deux pilotes sont indemnes. Des dommages aux tiers sont constatés.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un directeur d'enquête de sécurité adjoint (BEA-É) ;
- un enquêteur de première information ;
- un pilote ayant une expertise sur Rafale ;
- un mécanicien ayant une expertise sur Rafale ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

### Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - Essais propulseurs (DGA EP)/restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA).

---

<sup>1</sup> Instruction IV-50 édition 5 – avril 2022 – Directives permanentes relatives aux manifestations aériennes.

<sup>2</sup> Passage à très basse altitude et grande vitesse.

<sup>3</sup> Type de formation offensive dans laquelle les deux avions sont séparés par une distance d'environ 0,3 milles nautiques.

<sup>4</sup> Manœuvre dans le plan vertical permettant de faire demi-tour dans un espace réduit.

<sup>5</sup> Le rejoindre pour resserrer la patrouille.

<sup>6</sup> Type de formation stable et rapprochée, l'équipier légèrement en retrait et étagé sous le leader.

<sup>7</sup> Effectue une variation d'assiette à piquer.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne militaire tactique (CAM T)

Type de mission : présentation tactique basique

Dernier point de départ : BA 709 de Cognac (LFBG)

Heure de départ : 12h29

Point d'atterrissage prévu : BA 709 de Cognac (LFBG)

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Préparation du vol

La présentation tactique de la patrouille des « Vautour Bravo » au Meeting National Air de Cognac le week-end des 21 et 22 mai 2022 est le premier meeting de la saison pour cette nouvelle équipe de présentation récemment formée avec deux pilotes du RC 2/30 « Normandie Niemen » et deux pilotes de l'escadron de chasse (EC) 3/30 « Lorraine » de Mont-de-Marsan.

Le ruban<sup>8</sup> a été validé par la brigade aérienne de l'aviation de chasse (BAAC) au nom du CFA en début d'année, et les pilotes ont effectué quatre entraînements réels, dont un le mardi de la semaine du meeting, ainsi que deux séances de simulateur en début d'année. Au cours de chaque entraînement (réel ou au simulateur), le ruban est effectué deux fois. Le tuilage avec l'équipe de présentation précédente a été limité aux deux séances de simulateur en raison de l'arrêt des meetings pendant la pandémie de Covid-19.

Le ruban comporte 12 figures pour un temps de vol prévu d'environ 12 minutes. Il a été légèrement modifié suite à un évènement de sécurité survenu au cours d'un entraînement le 21 avril 2022. En effet, lors d'une démonstration de passe canon en piqué à 30°, le leader de l'équipe du « Normandie Niemen » est descendu à 95 ft du sol, soit sous le plancher de sécurité fixé à 150 ft, et a survolé l'emplacement fictif du public. Suite à cet incident, la passe canon a été modifiée pour être effectuée à 15° de piqué. Par ailleurs, le directeur des vols (DV) a conseillé qu'une seule des deux équipes fasse les deux présentations du meeting de Cognac pour des raisons de sécurité. En effet, il était initialement prévu que les deux équipes de présentation du « Normandie Niemen » et du « Lorraine » se répartissent les deux jours du meeting de Cognac. Finalement, l'équipe du « Normandie Niemen » est désignée pour voler les deux jours.

En raison du planning opérationnel très chargé des escadrons de chasse Rafale, les deux avions et leurs pilotes n'arrivent à Cognac que le samedi matin, premier jour du meeting, alors que tous les autres aéronefs sont arrivés au minimum la veille. Les « Vautour Bravo » ne peuvent donc pas assister au briefing du samedi matin avec l'ensemble des équipages de démonstration. Le DV adjoint leur présente ce briefing de façon individuelle après leur arrivée. Le leader de l'équipe du « Lorraine » prend la position de point central pour assurer la fonction de surveillant des vols<sup>9</sup> (SV) pendant la présentation du dimanche<sup>10</sup>. La présentation du samedi s'effectue de façon nominale.

##### 1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement

Le dimanche, le ruban est déroulé de façon conforme jusqu'à sa phase 9, qui consiste à réaliser un « *show of force* » en FMO sur l'axe de présentation parallèle à la piste 08. Le leader précède son équipier sur une trajectoire décalée à droite. A l'issue de la manœuvre, le leader dégage par un virage serré sur la droite puis cabre pour effectuer l'oreille prévue et se présenter pour la figure suivante.

---

<sup>8</sup> Programme de la présentation composé d'un enchaînement de figures.

<sup>9</sup> Le surveillant des vols est chargé du conseil et du contrôle de l'exécution des vols sur le plan technique. Il ne se substitue pas au DV.

<sup>10</sup> Le samedi, l'équipier de l'équipe du « Lorraine » avait assuré cette fonction.

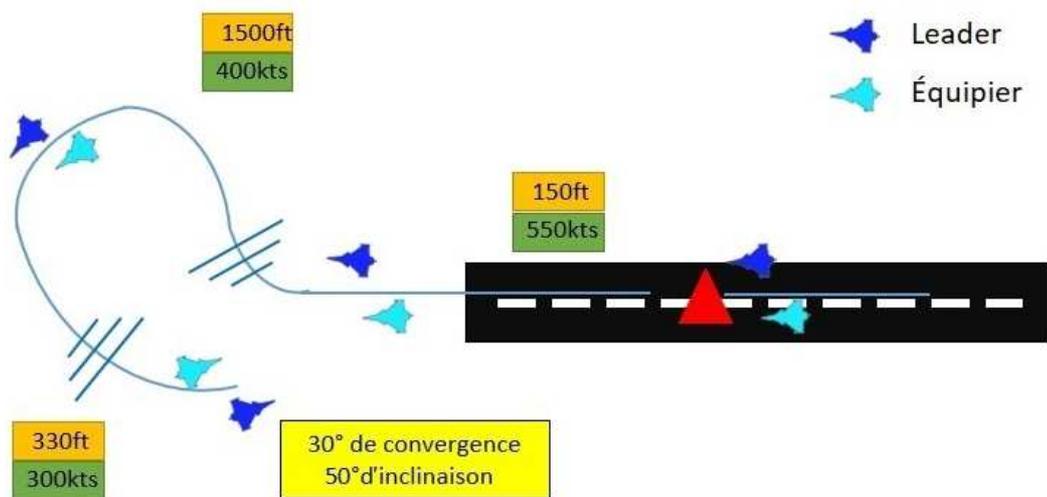


Figure 1 : « Show of force » et dégagement tels que prévus dans le ruban

### 1.1.2.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Pendant la montée, le leader se rend compte qu'il a plus cabré que d'habitude. L'équipier, qui se rapproche pour le rassembler en PS, perçoit également le fort cabré. Remarquant une vitesse de rapprochement importante, il demande à la radio « vitesse ? ». Le leader répond « 200 kt<sup>11</sup> ». La vitesse habituelle pendant cette phase de rassemblement étant d'environ 250 kt, l'équipier demande à son leader d'accélérer. Celui-ci augmente la puissance et rend la main vers l'avant. A ce moment, l'équipier arrive sous le leader et ne peut éviter le contact avec le dessous de l'avion leader. L'abordage est perçu par les deux pilotes. L'équipier s'écarte du leader par la droite.

Les deux pilotes annoncent à la radio l'arrêt de la démonstration mais l'équipier constate un dysfonctionnement de sa radio VHF<sup>12</sup> et demande à son leader de basculer sur la fréquence UHF<sup>13</sup> de secours. Le leader l'informe qu'il voit que sa dérive est endommagée, puis quelques secondes après il annonce que son propre plan canard droit est fortement endommagé.

L'équipier s'établit en vent arrière 05 par un grand virage à gauche et se présente pour l'atterrissage en premier. Le leader s'écarte vers le nord en évitant la ville puis effectue des essais de manœuvrabilité avant de se poser en longue finale de précaution. L'équipe responsable du meeting organise le roulage de la patrouille à l'écart du public.

Les deux aéronefs sont fortement endommagés, les deux pilotes sont indemnes. Une maison a été endommagée par la chute de la partie haute de la dérive de l'équipier sur la commune de Gensac-la-Pallue.

<sup>11</sup> *Knots* – nœuds. Un nœud vaut 1,852 kilomètre par heure.

<sup>12</sup> *Very high frequency* – très haute fréquence.

<sup>13</sup> *Ultra high frequency* – ultra haute fréquence.

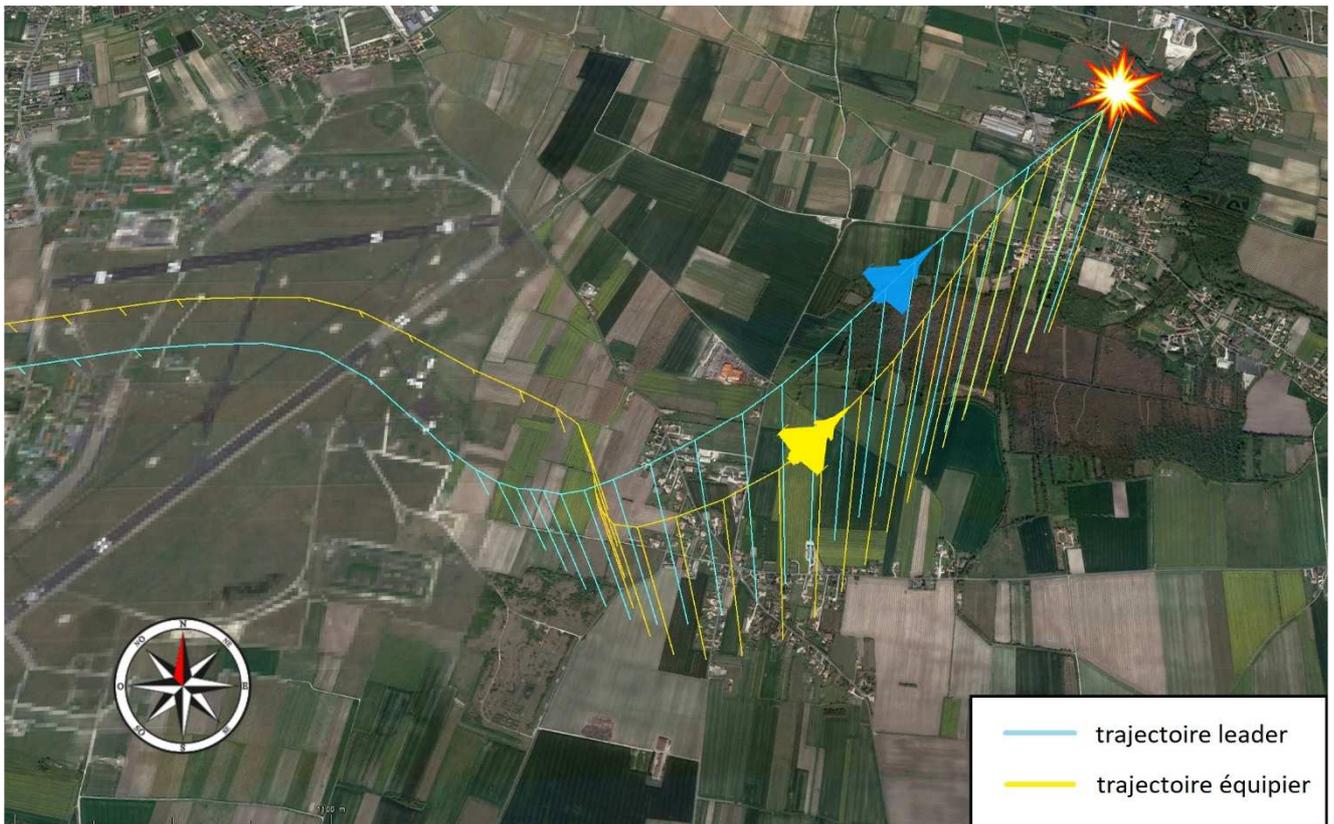


Figure 2 : visualisation en 3D de la trajectoire des deux avions jusqu'à l'abordage

### 1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : France
- département : Charente (16)
- commune : Gensac-la-Pallue
- coordonnées géographiques : 45°39'23"N / 000°16'24"O
- altitude du lieu de l'évènement : 5 000 ft<sup>14</sup>

– Moment : jour

– Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : BA 709 de Cognac (LFBG)

### 1.2. Dommages corporels

Les deux pilotes sont indemnes. Aucune personne au sol n'a été blessée.

### 1.3. Dommages aux aéronefs

Les deux aéronefs sont fortement endommagés.

### 1.4. Autres dommages

Une maison de la commune de Gensac-la-Pallue a été endommagée par la chute de la partie haute de la dérive de l'équipier. Des tuiles, une gouttière et une vitre ont été cassées.

<sup>14</sup> Feet – pieds. Un pied vaut 30,48 centimètres.

## 1.5. Renseignements sur les pilotes

### 1.5.1. Pilote leader

- Âge : 34 ans
- Unité d'affectation : RC 2/30 « Normandie Niemen »
- Fonction dans l'unité : pilote et membre de la cellule de standardisation et d'évaluation de l'escadron
- Formations :
  - qualification : chef de patrouille (2020)
  - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC) de Tours (2013)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Rafale	sur tout type	dont Rafale	sur tout type	dont Rafale
Total (h)	2 000	1 200	118	118	23	23

- Date du précédent vol sur Rafale : le 21 mai 2022

### 1.5.2. Pilote équipier

- Âge : 31 ans
- Unité d'affectation : RC 2/30 « Normandie Niemen »
- Fonction dans l'unité : pilote et chef de la cellule préparation de mission appui projection
- Formations :
  - qualification : chef de patrouille (2020)
  - école de spécialisation : EAC de Tours (2016)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Rafale	sur tout type	dont Rafale	sur tout type	dont Rafale
Total (h)	1 400	1 000	107	107	6	6

- Date du précédent vol sur Rafale : le 21 mai 2022

## 1.6. Renseignements sur les aéronefs

### 1.6.1. Avion leader

- Organisme : armée de l'Air et de l'Espace
- Commandement d'appartenance : CFA
- Aérodrome de stationnement : BA 118 de Mont-de-Marsan
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) 15.030 « Chalosse »
- Type d'aéronef :

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	Rafale C standard F3R	110	3 713
Moteur gauche	Snecma M88-2	WM 000248	2 555
Moteur droit	Snecma M88-2	WM 000268	2 567

L'aéronef est équipé d'un bidon ventral de 1 250 litres.

### 1.6.2. Avion équipier

- Organisme : armée de l'Air et de l'Espace
- Commandement d'appartenance : CFA
- Aérodrome de stationnement : BA 118 de Mont-de-Marsan
- Unité d'affectation : ESTA 15.030 « Chalosse »

– Type d'aéronef :

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	Rafale C standard F3R	122	2 513
Moteur gauche	Snecma M88-2	WM 000086	2 690
Moteur droit	Snecma M88-2	WM 000095	2 945

L'aéronef est équipé d'un bidon ventral de 1 250 litres.

#### 1.6.3. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur. Les deux aéronefs sont navigables.

#### 1.6.4. Performances

Les aéronefs ne font l'objet d'aucune restriction d'emploi et leurs performances sont dans les normes.

#### 1.6.5. Masse et centrage

La masse des avions au décollage est de 14 490 kg pour le leader et 14 587 kg pour l'équipier. Le centrage est dans les normes pour les deux avions.

#### 1.6.6. Carburant

– Type de carburant utilisé : F-34

– Quantité de carburant au décollage :

- Avion leader : 4 760 kg.
- Avion équipier : 4 670 kg.

Ce carburant est contenu dans les réservoirs internes des avions. Les bidons ventraux sont vides pour la présentation.

– Quantité de carburant au moment de l'évènement :

- Avion leader : 2 900 kg.
- Avion équipier : 2 968 kg.

### 1.7. Conditions météorologiques

#### 1.7.1. Prévisions

Les prévisions pour la journée du 22 mai sont favorables à la tenue de la manifestation aérienne. Cependant, des orages sont prévus en fin de journée.

#### 1.7.2. Observations

Les observations réalisées sur la base de Cognac à 12h30 indiquent un vent du 080° pour 6 kt, une température de 26 °C, un point de rosée à 17 °C, une pression au niveau de la mer de 1 010 hPa. Des cumulonimbus sont présents dans la région de Cognac mais n'affectent pas encore le meeting en début d'après-midi. Cependant, l'arrêt des démonstrations en vol a été avancé à 17 heures pour permettre au public de quitter les lieux avant l'arrivée des orages.

### 1.8. Aides à la navigation

Le Rafale standard F3R est équipé, entre autres, de deux centrales inertielles à gyrolaser hybridées GNSS<sup>15</sup>.

### 1.9. Télécommunications

Le Rafale est équipé de la suite CNI<sup>16</sup> qui intègre les communications vocales, les liaisons de données tactiques, la radionavigation et les fonctions d'IFF<sup>17</sup>.

<sup>15</sup> GNSS : géolocalisation et navigation par un système de satellites.

<sup>16</sup> CNI : communication, navigation, identification.

<sup>17</sup> IFF : *identification, friend or foe* : identification, ami ou ennemi.

Pour le meeting, une fréquence VHF appelée « *display* » est affectée à la communication des avions en cours de présentation avec le DV. Une fréquence « *display* » secours sur la bande UHF est disponible pour les aéronefs militaires équipés de ce type de poste radio (dont les Rafale). Celle-ci a été utilisée à la demande de l'équipier suite à l'arrachement du haut de la dérive dans l'abordage, qui a entraîné la perte du poste VHF.

### 1.10. Renseignements sur l'aéroport

La BA 709 est située à six kilomètres au sud de la ville de Cognac. Elle dispose de trois pistes :

- une piste revêtue de 2 422 mètres orientée 05/23 ;
- une piste non revêtue de 800 mètres orientée 05/23 ;
- une piste revêtue de 1 814 mètres orientée 08/26.

La BA 709 partage l'utilisation de ses pistes avec un aéroclub civil. Le contrôle est assuré par l'escadron des services de la circulation aérienne (ESCA) 1C.709.

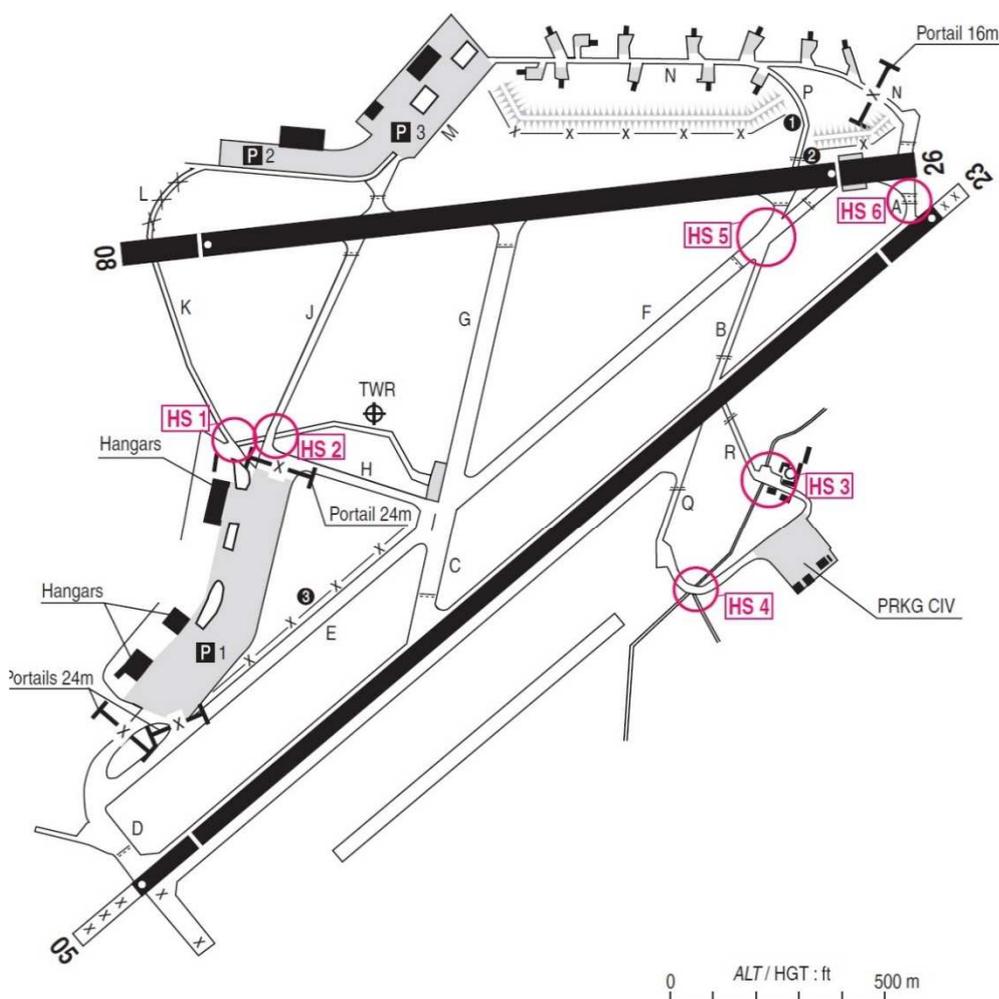


Figure 3 : extrait de la carte VAC de l'aérodrome de Cognac Chateaubernard

Pour le meeting, la piste 08/26 est utilisée comme parking et zone d'exposition dynamique. Le public est installé au nord de cette piste et les présentations se font sur trois axes parallèles à la piste 08/26, décalés au sud de 150 à 450 mètres et matérialisés par des bandes fauchées dans l'herbe. La piste revêtue 05/23 est utilisée pour les décollages et atterrissages.

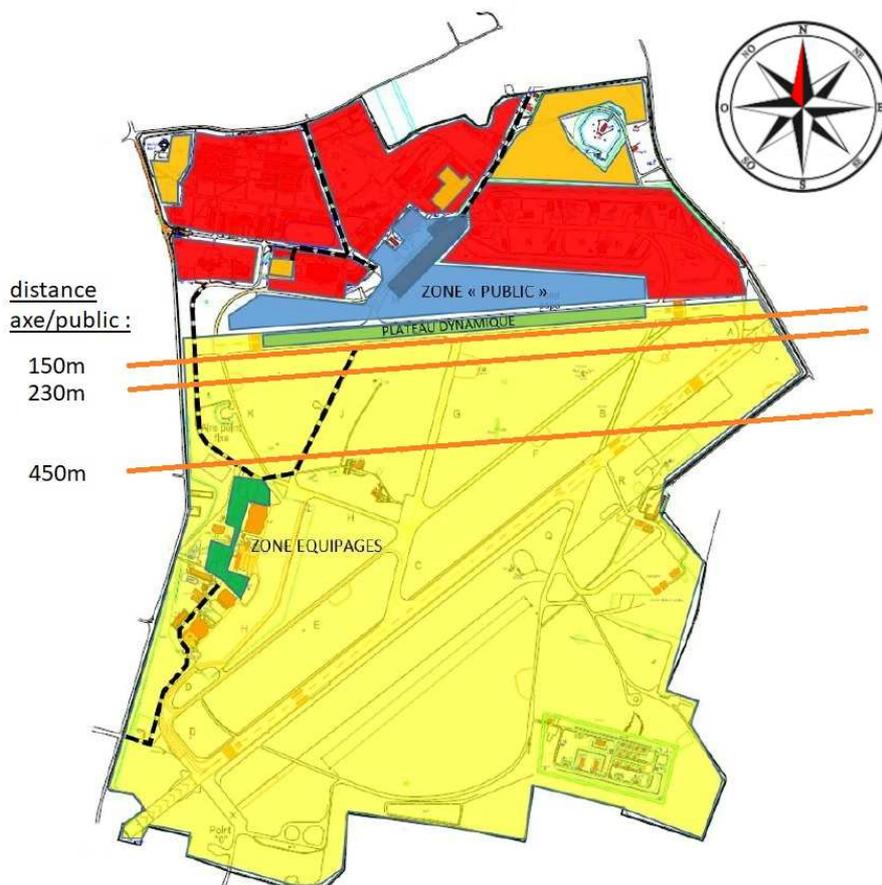


Figure 4 : plan général de la BA 709 pour le meeting

### 1.11. Enregistreurs de bord

Le Rafale est équipé de multiples sources de données enregistrées :

- un enregistreur de vidéo numérique (EVN), qui enregistre les images filmées devant l’avion et l’affichage de la visualisation tête haute (VTH) ;
- un enregistreur statique de paramètres (ESPAR) ;
- un support appelé cassette A contenant les données de préparation de la mission ;
- une cassette B contenant des données enregistrées pendant les vols pour la maintenance.

L’ensemble de ces données est exploitable sur les deux avions.

### 1.12. Constatations sur les aéronefs et sur la zone de retombée des débris

#### 1.12.1. Examen des aéronefs

##### 1.12.1.1. Avion leader

L’avion leader présente de multiples traces d’impact. Elles sont superficielles sur le dessous du fuselage, mais sur le côté droit, les dégâts sont significatifs :

- le plan canard droit est replié vers le haut ;
- un capteur du Spectra<sup>18</sup> est manquant ;
- le bec de bord d’attaque droit et l’intrados sont fortement endommagés.

<sup>18</sup> Spectra : système de protection et d’évitement des conduites de tir du Rafale.

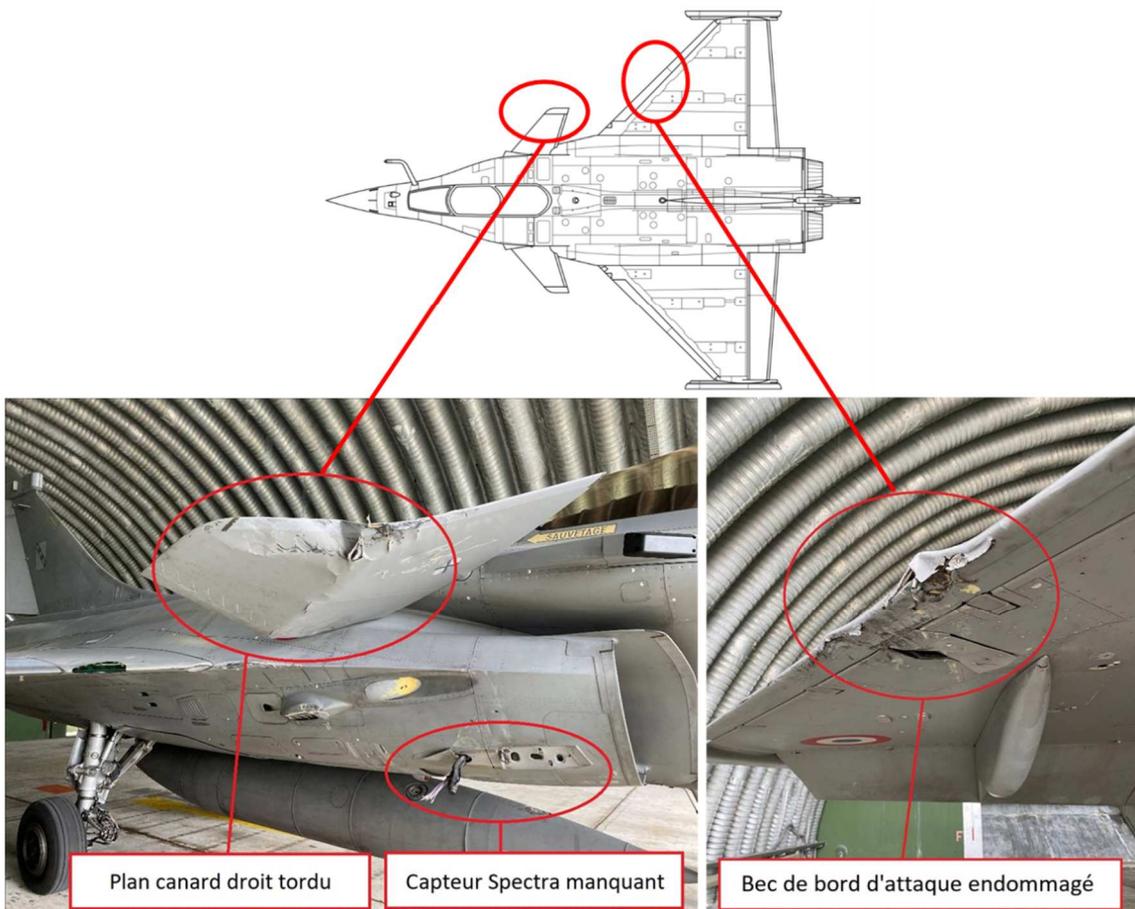


Figure 5 : dommages constatés sur l'avion leader

#### 1.12.1.2. Avion équipier

Le haut de l'empennage vertical de l'avion équipier est manquant. La dérive a été sectionnée au niveau du Spectra. Le lance-missile, l'élevon et le saumon gauche sont fortement endommagés.

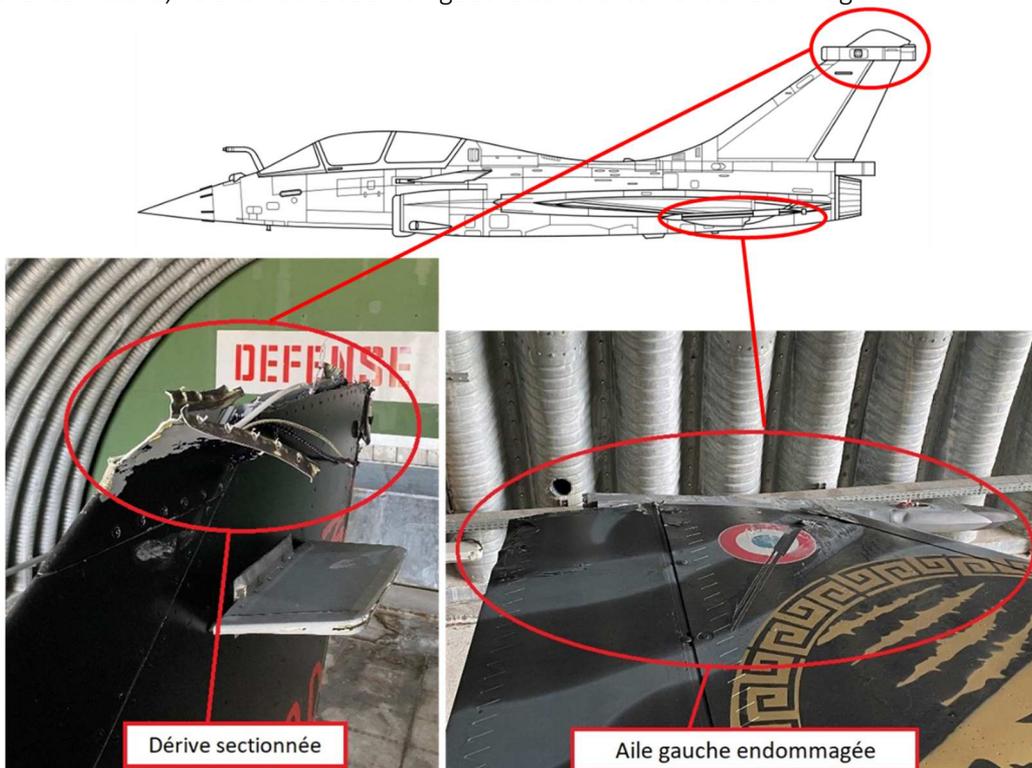


Figure 6 : dommages constatés sur l'avion équipier

### 1.12.2. Examen de la zone de retombée des débris

Une habitation de la commune de Gensac-La-Pallule a été endommagée par la chute de la partie haute de la dérive de l'équipier. Des tuiles, une gouttière et une vitre ont été cassées.



Figure 7 : habitation endommagée par la chute de la partie haute de la dérive de l'équipier



Figure 8 : partie haute de la dérive de l'équipier retrouvée à Gensac-la-Pallue

### **1.13. Renseignements médicaux**

#### 1.13.1. Pilote leader

- Dernier examen médical : visite révisionnelle du personnel navigant (VRPN) effectuée en unité le 24 janvier 2022 (en référence à la visite au centre d'expertise médicale du personnel navigant<sup>19</sup> (CEMPN) du 5 juillet 2021)
- Résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

#### 1.13.2. Pilote équipier

- Dernier examen médical : VRPN effectuée en unité le 24 mars 2022 (en référence à la visite au CEMPN du 24 septembre 2021)
- Résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

### **1.14. Incendie**

Sans objet.

### **1.15. Questions relatives à l'organisation des secours**

Immédiatement après l'annonce de l'abordage, le chef de la vigie déclenche le klaxon crash. Les pompiers sont mis en alerte par le contrôleur sol. Une zone de parking à l'écart du public est désignée par le DV et l'équipier, premier posé, s'y rend. Deux véhicules de pompiers le suivent et le rejoignent une fois immobilisé. Le leader se pose un peu plus tard et est rejoint par un troisième véhicule de pompiers dans la même zone. Les démonstrations sont mises en attente pendant 13 minutes jusqu'à ce que l'alerte soit levée et que les secours soient à nouveau disponibles.

### **1.16. Essais et recherches**

Les enregistreurs de données ont été exploités par DGA EP/RESEDA.  
L'analyse des facteurs humains et organisationnels a été menée par le BEA-É.

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

Le RC 2/30 « Normandie-Niemen » est un régiment de chasse descendant du groupe de chasse « Normandie-Niemen » des forces françaises libres, créé en 1942 et engagé en Union soviétique sur le front de l'Est. C'est pour cette raison qu'il porte le double nom de « Normandie », la région française, et de « Niemen », un fleuve de l'ex-Union soviétique qui se jette dans l'Est de la mer Baltique.

Mis en sommeil en 2009, il est réactivé en 2012 sur la BA 118 de Mont-de-Marsan avec des Rafale monoplaces au standard F3R. L'unité est en mesure d'assurer l'ensemble des missions conventionnelles de l'aviation de chasse française.

---

<sup>19</sup> Instruction n° 4000/DRH-AA/SDEPRH-HP/BPECA du 20 avril 2017 relative aux normes médicales d'aptitude applicable au personnel militaire de l'armée de l'air et à la définition des standards d'aptitude médicale minimaux à requérir pour les emplois de personnel navigant.

## 2. ANALYSE

### 2.1. Expertises techniques

Les données des deux ESPAR et des deux EVN ont été exploitées et indiquent un fonctionnement nominal des deux avions jusqu'à l'abordage.

La mise en relation des données de ces enregistreurs avec les dégâts observés sur les deux avions permet de comprendre leur trajectoire relative au moment de l'abordage. Cette analyse montre que lors de l'oreille de rassemblement, l'équipier se rapproche du leader par l'arrière et le dessous, quasiment sur le même axe. Ce dernier effectue une variation d'assiette à piquer au moment où l'équipier se trouve juste en dessous, ce qui provoque un premier contact entre le bec de bord d'attaque de l'avion leader et le haut de la dérive de l'avion équipier. L'équipier continuant d'avancer sur son inertie sous le leader double ce dernier, puis un second contact se produit ensuite entre l'extrémité de l'aile gauche de l'équipier et l'entrée d'air droite puis le plan canard droit du leader. Au moment de l'abordage, les deux avions ont les ailes quasiment à plat et sont à une altitude de 5 000 ft.



Figure 9 : premier contact entre les deux avions

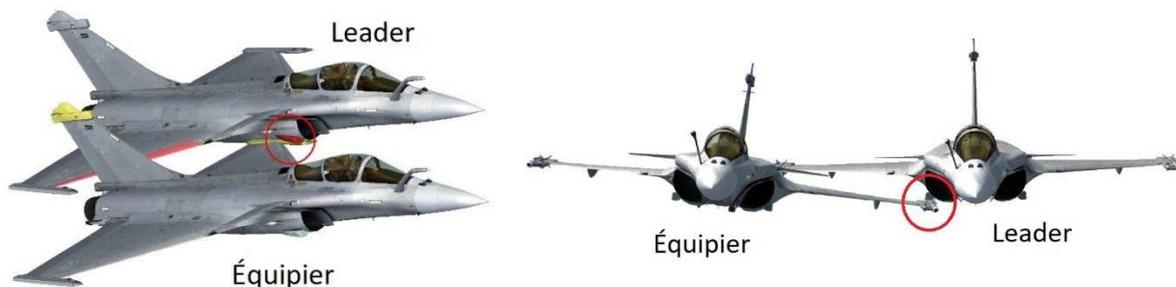


Figure 10 : deuxième contact entre les deux avions

L'équipier se rapproche du leader par l'arrière et le dessous, quasiment sur le même axe. Ce dernier effectue une variation d'assiette à piquer au moment où l'équipier se trouve juste en dessous. Deux contacts successifs se produisent et occasionnent les dégâts observés sur les deux avions.

### 2.2. Séquence de l'évènement

La séquence conduisant à l'abordage des deux Rafale C des « Vautour Bravo » lors de la présentation tactique basique exécutée au Meeting National Air de Cognac est établie comme suit après étude des enregistreurs ( $t_0$  est défini à l'instant du lâcher des freins du leader) :

- à  $t_0 + 7$  min 08 s, le leader débute un « *show of force* » sur l'axe de présentation, suivi de l'équipier en FMO ;
- à  $t_0 + 7$  min 11 s, le leader effectue un virage serré à droite puis cabre pour effectuer l'oreille de rassemblement permettant de se présenter en PS pour la figure suivante ;

- en raison d'un cabré du leader plus important qu'à l'accoutumée, l'équipier constate une vitesse de rapprochement élevée et demande « vitesse ? » à  $t_0 + 7 \text{ min } 29 \text{ s}$  ;
- à  $t_0 + 7 \text{ min } 31 \text{ s}$ , le leader répond « 200 kt », la vitesse habituelle dans cette phase est de l'ordre de 250 kt ;
- à  $t_0 + 7 \text{ min } 36 \text{ s}$ , l'équipier demande « accélère », il arrive à ce moment derrière le leader par le dessous, sur le même axe ;
- le leader augmente la puissance et effectue une variation d'assiette à piquer pour accélérer ;
- l'équipier ne peut éviter l'abordage, et deux contacts successifs entre les avions se produisent à  $t_0 + 7 \text{ min } 41 \text{ s}$  ;
- l'équipier perd le haut de sa dérive lors du premier contact, et endommage le plan canard du leader lors du second ;
- les deux avions restent pilotables et les deux pilotes parviennent à se poser sur la piste de Cognac.

### 2.3. Recherche des causes de l'évènement

Les causes de l'évènement sont recherchées dans le domaine des facteurs organisationnels et humains.

#### 2.3.1. Contexte général des présentations tactiques basiques

##### 2.3.1.1. Gestion des risques par l'organisation

###### 2.3.1.1.1. Positionnement de l'équipe « Vautour Bravo » au sein de l'organisation

Les présentations tactiques dites basiques sont mises en place et définies pour la première fois dans l'instruction IV-50 de février 2017. Dès leur création, les équipes de présentation tactique basique n'ont pas vocation à devenir des experts de la démonstration aérienne. Ce type de présentation est alors défini dans l'instruction IV-50 comme une « *présentation tactique qui, par définition, ne nécessite aucun entraînement spécifique. Elle doit être constituée de manœuvres faisant partie de l'entraînement habituel de l'unité dans le cadre de ses missions opérationnelles...* ». Ce positionnement exclut les équipes de présentation tactique basique du cercle des présentateurs techniques de l'armée de l'Air et de l'Espace, comme par exemple la patrouille de France (PAF), l'équipe de voltige de l'armée de l'air (EVAA) ou le *Rafale Solo Display* (RSD), pour qui l'entraînement aux démonstrations aériennes est la principale mission. En conséquence, les équipes de présentation tactique basique ont peu de contact avec les autres présentateurs. Elles ne participent pas aux stages communs, particulièrement propices au partage d'expérience des pilotes expérimentés dans les présentations aériennes.

Le seul échange réalisé est une conversation téléphonique avec le présentateur RSD avant la première présentation officielle des « Vautour Bravo » afin que celui-ci partage son expérience sur les risques inhérents à la démonstration aérienne.

**Le choix de l'armée de l'Air et de l'Espace est de faire faire à ses équipes de présentation tactique basique des enchaînements de manœuvres non complexes. De ce fait, ces équipes bénéficient d'un partage d'expérience limité avec les présentateurs techniques, rompus aux démonstrations aériennes.**

###### 2.3.1.1.2. Place des démonstrations dans l'activité aérienne de l'équipe

Les présentations aériennes réalisées par les équipes « Vautour Bravo » sont considérées comme non complexes et donc sans besoin d'entraînement spécifique. Elles sont considérées comme une activité secondaire des pilotes par l'armée de l'Air et de l'Espace dont la seule priorité est la mission opérationnelle.

#### Impact des contraintes opérationnelles sur la participation des « Vautour Bravo » au meeting

En raison de diverses contraintes opérationnelles et contrairement aux autres équipages participant aux présentations en vol, tous présents dès le vendredi soir, les « Vautour Bravo » n'arrivent qu'à 9 heures le samedi matin, premier jour du meeting. En conséquence, les pilotes ne peuvent pas participer au briefing de sécurité des vols réalisé avec tous les autres équipages. Un briefing spécifique doit donc leur être dispensé. Cette arrivée tardive génère un rythme dense pour l'équipe dès son arrivée : briefing de sécurité des vols à 9h30, préparation de la mission, briefing à 11 heures puis départ aux avions à 11h20.

Pour les mêmes raisons de disponibilité, l'équipe doit repartir le dimanche, jour de l'évènement, à l'issue de sa deuxième présentation. En conséquence, la préparation du vol de dimanche est particulière : en plus de la présentation à deux avions, les pilotes doivent préparer le retour vers Mont-de-Marsan à trois avions, en raison de la présence d'un avion de remplacement en cas de panne.

Cette situation contribue également à un isolement des pilotes « Vautour Bravo » qui ne participent pas ou peu aux moments de cohésion entre pilotes prévus par les organisateurs du meeting. Pourtant, ces moments sont propices aux échanges et au partage d'expérience entre pilotes.

**Les contraintes opérationnelles importantes que subissent les pilotes la semaine qui précède l'évènement ont nécessité des aménagements spécifiques de planning lors du meeting et limité leur immersion au sein de l'équipe du meeting.**

#### **Influence des contraintes opérationnelles sur l'efficacité de l'entraînement**

La priorisation des missions opérationnelles oblige les pilotes à réaliser leur entraînement à la présentation en parallèle à ces missions. Selon l'instruction IV-50, l'équipe doit réaliser un vol d'entraînement à la présentation la semaine du meeting. Les pilotes ont réalisé ce vol le mardi, son objectif est de réaliser une ultime répétition du programme et ainsi d'assurer la mécanisation des deux équipes avant la présentation en public. Les jours suivants, l'équipier réalise un vol d'entraînement aux missions opérationnelles. Cette programmation des vols pendant la semaine d'un meeting, alternant des vols opérationnels avec un entraînement à la présentation, peut cependant avoir altéré les bénéfices du dernier entraînement réalisé.

**La variété des vols de l'équipier la semaine du meeting et leur densité opérationnelle ont pu estomper le bénéfice du dernier entraînement à la présentation effectué le mardi qui précède l'évènement.**

#### **2.3.1.1.3. Validation du programme de la présentation par le commandement**

##### **Points clés et communications standardisées**

Selon l'instruction IV-50, le programme d'une présentation tactique basique doit décrire les figures, préciser les altitudes et les différentes vitesses de passage aux points clés et mentionner les portes de sortie permettant de se dégager d'une manœuvre mal engagée. Ce programme est présenté chaque année pour validation aux autorités (grand commandement ou direction des ressources humaines de l'armée de l'Air et de l'Espace) dont dépendent les unités qui réalisent les démonstrations. Pour ce faire, une commission de sécurité organique étudie le contenu de la présentation.

Le programme des « Vautour Bravo », très similaire à celui de l'année précédente, a ainsi été validé par la BAAC. Ce programme apporte peu d'informations sur les manœuvres de transition<sup>20</sup>, notamment pour le rassemblement qui a conduit à l'évènement : les points clés sont faiblement détaillés (ni l'angle de cabré, ni le facteur de charge ne sont mentionnés), les portes de sortie et les communications standardisées essentielles y sont peu détaillées, les pilotes doivent donc se référer aux standards pratiqués au sein de l'aviation de chasse. La seule indication concernant l'exécution de l'oreille de rassemblement réalisée après le « *show of force* » est la mention des paramètres 1 500 ft / 400 kt. Il n'est pas écrit que le « *show of force* » est effectué en FMO, ni que la figure suivante sera réalisée en PS.

<sup>20</sup> Manœuvres réalisées entre les figures de présentation tactique, généralement effectuées à distance du public et ayant pour but de présenter l'avion dans des conditions optimales pour la figure suivante.

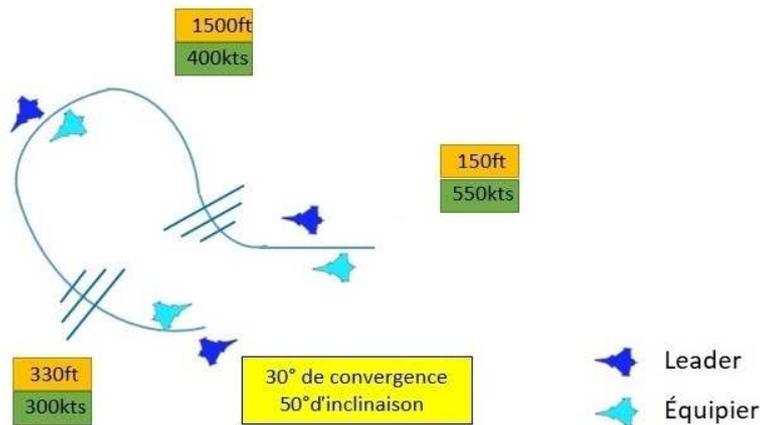


Figure 11 : représentation dans le programme de la manœuvre de rassemblement qui a conduit à l'évènement

Le programme validé par la BAAC au nom du CFA décrit l'oreille de rassemblement ayant conduit à l'évènement par les seuls paramètres 1 500 ft / 400 kt. Aucune communication standardisée n'y est mentionnée. Le type de formation (FMO ou PS) n'est mentionné ni pour cette figure ni pour la suivante.

### Conformité de la présentation

Trois modifications ont été apportées sur le programme 2022 par rapport à celui de l'année précédente. Elles concernent les figures 4, 5 et 8 et sont présentées dans des encadrés oranges. Chacune de ces modifications est justifiée par des considérations d'esthétique et de dynamisme, alors que ces critères ne doivent pas être recherchés de façon prioritaire dans le cadre des présentations tactiques basiques. Elles entraînent des modifications de séquence, et notamment des rassemblements différents.

De plus, la figure 5 consiste en une passe canon réalisée face au public. Or, l'instruction IV-50 indique que « pour tous les simulacres d'attaque, le point simulant l'objectif doit être situé à 300 mètres au moins de la limite de la zone occupée par les spectateurs ; l'axe d'attaque ne doit pas être dirigé vers le public ». Elle a d'ailleurs fait l'objet à l'entraînement un mois avant le meeting, d'un incident grave ayant conduit à ce que le leader descende à 95 ft, sous le plancher de sécurité fixé à 150 ft, et survole l'emplacement fictif du public. Dans le compte-rendu de l'incident, le commandement explique que le leader essayait de dynamiser le ruban en enchaînant plus rapidement deux figures. En tant que futur DV du Meeting National Air de Cognac, le SV présent le jour de cet incident a exigé une modification du programme et la figure a fait l'objet d'une adaptation avec un angle de descente de 15° au lieu de 30°, mais son existence n'a pas été remise en cause.

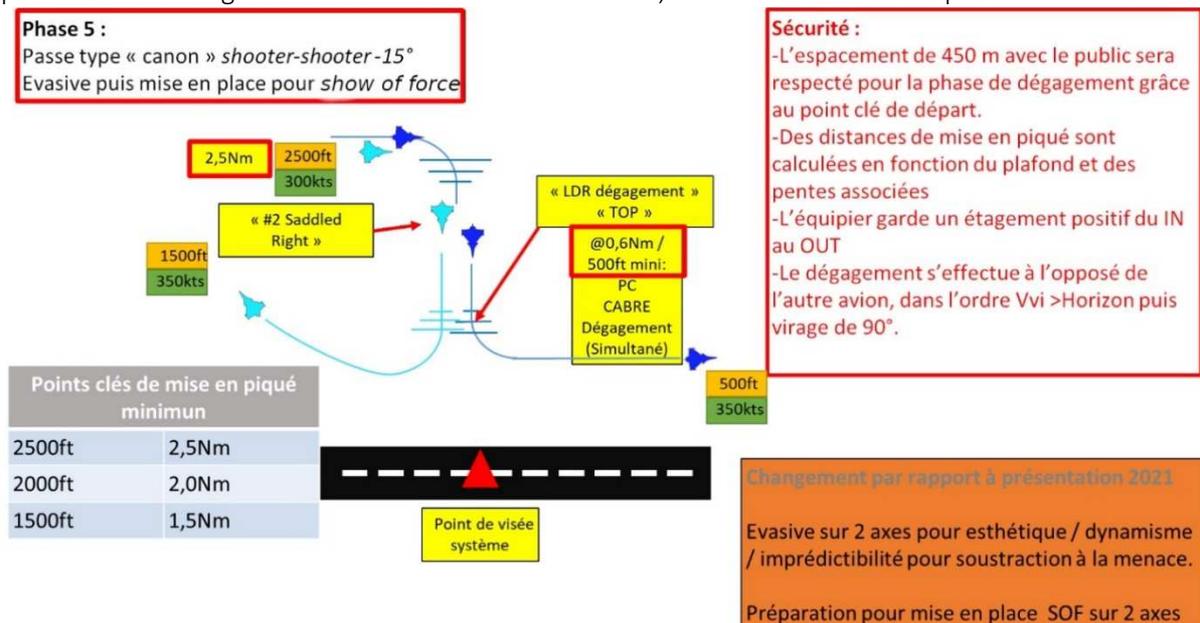


Figure 12 : description de la passe canon dans le programme de la présentation

Enfin, les références réglementaires citées à la fin du programme de présentation sont la version du 4 mai 2018 de l'instruction IV-50 et la version du 4 avril 1996 de l'arrêté interministériel relatif aux manifestations aériennes. Or, à la date de rédaction du programme, la version du 10 novembre 2021 de l'arrêté était en vigueur. Pour l'instruction IV-50, si sa version d'avril 2022 était en vigueur au moment de la validation du programme, ce n'était pas le cas lors de sa rédaction.

**La commission de sécurité organique a validé le programme de la présentation des « Vautour Bravo » comportant :**

- des points clés faiblement détaillés concernant les phases de transition ;
- une mise en avant de l'aspect esthétique et du dynamisme de la présentation ;
- une référence réglementaire obsolète ;
- un simulacre d'attaque sur un axe dirigé vers le public, qui n'a pas contribué à l'évènement.

### 2.3.1.2. Gestion des risques par les pilotes

#### 2.3.1.2.1. Préparation de la saison

##### Conception du programme de la présentation

Les équipes « Vautour Bravo » se succèdent depuis plusieurs années. Chaque année, un programme est présenté et validé par le CFA. Ce programme est très similaire d'une année à l'autre.

L'instruction IV-50 exige une étude des risques de la part des unités auxquelles appartiennent les équipes de présentation. Cette étude des risques porte notamment sur les points clés et les portes de sortie pour assurer la sécurité en toute situation. Pourtant, l'évènement a révélé que des points clés mieux définis auraient permis d'augmenter la sécurité, notamment pour les manœuvres de transition entre les figures, ce qui n'a pas été identifié lors de la préparation de la saison. De plus, l'étude des risques du programme a vraisemblablement porté principalement sur les figures de présentation tactiques les plus exigeantes, puisque seulement six des douze figures du programme comportent des mesures d'atténuation des risques. La figure qui a conduit à l'abordage n'en comporte pas.

La transmission des programmes d'année en année entre les équipes de présentation a pu générer un sentiment de confiance vis-à-vis du programme des « Vautour Bravo ». Ce sentiment de confiance a pu conduire le RC 2/30 et l'EC 3/30, unités qui fournissent les pilotes des « Vautour Bravo », à ne pas réaliser une analyse des risques exhaustive avant de soumettre le programme à la validation.

**Un sentiment de confiance vis-à-vis d'un programme de démonstration validé depuis plusieurs années et éprouvé par les équipes précédentes a pu conduire le RC 2/30 et l'EC 3/30 à une analyse des risques incomplète.**

##### Entraînement

Au cours des entraînements, les pilotes de l'équipe des « Vautour Bravo » ont progressivement fait évoluer dans le plan vertical l'oreille de rassemblement prévue après le « *show of force* ». En effet, ils ont estimé que les paramètres de 1 500 ft / 400 kt prévus dans le programme de la présentation n'étaient pas adaptés et rendaient le rassemblement en PS difficile. Ils ont donc décidé de cabrer plus fortement après le « *show of force* » et d'effectuer le rassemblement à une vitesse plus faible. Les paramètres de 3 000 à 4 000 ft et environ 250 kt ont ainsi été adoptés, sans que le programme de la présentation ne soit modifié. Pourtant, l'instruction IV-50 précise au paragraphe 3.1 que « *Toute modification du programme en cours de saison devra obtenir l'aval de la commission concernée.* ». Elle indique également au paragraphe 4.3 que « *un contrôle interne du début de l'entraînement est effectué par le commandant d'unité avec vérification de la conformité avec le programme approuvé* ».

L'absence de modification écrite et validée du programme concernant l'oreille de rassemblement rend possible une exécution légèrement différente d'une présentation à l'autre. Ces variations nécessitent des

ajustements de pilotage de chacun des pilotes, qui s'adaptent en vol l'un par rapport à l'autre, générant des risques nouveaux non perçus.

La communication faite autour des présentations tactiques basiques par l'armée de l'Air et de l'Espace, notamment au travers de l'instruction IV-50, affirme la non-complexité de ce type d'activité et l'absence de nécessité d'un entraînement spécifique. Cette communication peut avoir favorisé auprès des pilotes un sentiment erroné de simplicité de l'activité au regard de leur expérience, tous deux étant qualifiés chefs de patrouille. Cette situation peut favoriser une mobilisation insuffisante de l'attention portée à l'anticipation des risques, notamment sur les figures de transition qui ne sont pas le cœur de la démonstration.

**L'exécution de l'oreille de rassemblement ayant conduit à l'évènement a été modifiée au cours des entraînements sans que les nouveaux paramètres ne soient formalisés et validés. Cela rend possible une exécution différente d'une présentation à l'autre, introduisant de nouveaux risques non pris en compte. Un sentiment erroné de simplicité de la mission a pu favoriser une diminution de l'attention portée à ces risques.**

#### 2.3.1.2.2. Supervision par le surveillant des vols

Selon l'instruction IV-50, chaque entraînement réalisé doit être suivi d'un débriefing avec le SV présent au point central. Le SV a pour mission lors du débriefing d'apporter son expertise, à la fois dans le domaine de la sécurité des vols et sur l'esthétique de la présentation. Pour l'équipe des « Vautour Bravo », lors des entraînements sur la base de Mont-de-Marsan, le SV au point central est généralement un ancien pilote de l'équipe ou un pilote de l'équipe qui n'est pas en vol.

Il apparaît que ces pilotes ne semblent pas avoir pleinement conscience du rôle du SV au point central. En effet, lors des entraînements à Mont-de-Marsan, les débriefings avec le SV ont principalement conduit à apporter de légères modifications pour améliorer l'esthétique de la présentation.

En revanche, en préparation du meeting, lors de l'entraînement du mardi 21 avril à Cognac, le SV désigné est un pilote très expérimenté sur les présentations aériennes. Lors du débriefing de l'entraînement il signale alors un évènement de sécurité qu'il juge inacceptable. C'est également lui qui doit assurer les fonctions de DV pour le meeting à venir.

**L'équipe a principalement utilisé les débriefings avec les SV successifs comme un outil d'amélioration esthétique de la présentation. Trois des quatre entraînements n'ont donné lieu à aucune remarque sur la sécurité. Le rôle de supervision du SV en matière de SA semble perfectible.**

#### 2.3.2. Exécution de l'oreille de rassemblement

##### 2.3.2.1. Faibles marges de manœuvre de la figure

###### 2.3.2.1.1. Contraintes des démonstrations

Le programme de démonstration des équipes « Vautour Bravo » prévoit un enchaînement de figures présentant les savoir-faire maîtrisés des pilotes de Rafale liés par des figures de transition. Cependant, les caractéristiques d'espace et de temps imposées par la zone de démonstration peuvent conduire les pilotes à adopter, pour une même figure, des attitudes plus extrêmes qu'en situation d'opération ou d'entraînement.

Ainsi, lors de l'évènement, l'équipe réalise une oreille durant laquelle l'équipier doit rassembler le leader en PS avant la prochaine figure. Au regard des contraintes en volume de la démonstration et des paramètres adoptés à l'entraînement, les deux pilotes doivent réduire la puissance et positionnent la manette des gaz sur *idle* pendant la manœuvre. Dans cette situation, l'équipier qui doit rassembler le leader ne peut piloter la vitesse de rapprochement qu'au travers de sa trajectoire ou des aérofreins. Cette pratique n'est pas conventionnelle et génère une réduction des marges de manœuvre. En effet, en situation opérationnelle, les pilotes cherchent à conserver des marges de manœuvre aux gaz. Pour cela, lors des phases de rassemblement, le leader conserve un peu de puissance permettant à l'équipier d'ajuster plus facilement sa vitesse de rapprochement.

**Les contraintes en volume et en temps de la démonstration et les paramètres adoptés à l'entraînement imposent un pilotage non usuel susceptible de réduire les marges de manœuvre des pilotes.**

#### 2.3.2.1.2. Migration des pratiques

Suite à l'adoption au cours des entraînements de changements non validés par rapport au programme initial, l'équipier adapte sa trajectoire au pilotage du leader pour la réalisation de l'oreille de rassemblement. Toute évolution des paramètres initiée par le leader nécessite alors une adaptation de pilotage par l'équipier.

Lors des premiers entraînements, lorsque le leader débute l'oreille, il affiche une assiette à cabrer et positionne immédiatement la manette de gaz sur *idle*. De son côté, l'équipier attend trois secondes après avoir affiché une assiette à cabrer pour positionner la manette sur *idle*.

Au cours des entraînements, l'équipier constate une modification progressive du pilotage du leader. Ce dernier adopte progressivement une assiette à cabrer plus importante. L'équipier doit alors s'adapter et positionne de plus en plus rapidement la manette des gaz sur *idle*. En effet, plus le cabré du leader est important plus sa vitesse se dégrade rapidement. L'équipier n'a alors pas d'autre choix que de réduire rapidement les gaz afin de conserver une vitesse de rapprochement adéquate.

Ainsi, lors de l'entraînement du mardi précédant le meeting, au cours de la réalisation de l'oreille, l'équipier constate que le leader a adopté un cabré inhabituel. Cela l'oblige à positionner la manette des gaz sur *idle* immédiatement après avoir initié le cabré et à modifier sa trajectoire pour se positionner à l'extérieur de celle du leader afin de compenser la vitesse de rapprochement trop importante. L'évènement est évoqué pendant le débriefing. L'équipier identifie alors que dans cette situation, toutes les marges de sécurité sont supprimées car il ne dispose plus de marge de manœuvre aux gaz pour piloter sa vitesse de rapprochement. Cependant, cet évènement n'a donné lieu à aucune adaptation du programme.

Le jour de l'accident, compte tenu de la rapide dégradation de vitesse du leader, la réduction rapide des gaz par l'équipier ne suffit pas et la vitesse de rapprochement reste trop importante. Le seul moyen de la réduire pour contrôler le rassemblement qui va suivre reste l'allongement de la trajectoire par l'extérieur du virage, difficile à estimer et moins précis.

**L'absence de formalisation d'un nouveau point clé suite à l'adoption de nouveaux paramètres lors des entraînements a généré une variation dans le temps de l'exécution de l'oreille de rassemblement. Une migration des pratiques<sup>21</sup> dans la réalisation de cette figure a ensuite réduit, au fil du temps, les marges de manœuvre de l'équipier tout en augmentant la difficulté de la manœuvre.**

<sup>21</sup> Migration des pratiques : modèle (Amalberti et al., 2006) qui décrit comment dans un environnement dynamique et à risque, l'évolution progressive des pratiques génère des comportements de dérive progressive par rapport à l'attendu. Le modèle décrit les trois phases successives du processus dynamique de migration jusqu'à un accident. Pour l'auteur, cette migration des pratiques est ordinaire dans tous les systèmes dynamiques qui évoluent continuellement.

#### 2.3.2.1.3. Dynamisme de la présentation

Toutes les personnes assistant aux présentations depuis le point central, dont le surveillant des vols, constatent une évolution entre les deux journées du meeting. Le dimanche, les enchaînements sont plus rapides et les manœuvres sont perçues comme plus serrées.

##### Sentiment de maîtrise

L'équipe de présentation réalise le programme huit fois pendant quatre entraînements réels, et quatre fois à l'occasion de deux séances de simulateur réalisées avant les entraînements. Toutes ces présentations ont été jugées satisfaisantes à l'exception de celle pendant laquelle le leader a dépassé le plancher de sécurité. La veille de l'évènement, la première présentation en public s'est également déroulée normalement. Au total, le programme a donc été exécuté 14 fois avant l'évènement.

Il est possible que cette succession de présentations se déroulant normalement ait généré un sentiment de maîtrise auprès des pilotes. Ce sentiment de maîtrise peut être à l'origine d'une présentation plus dynamique le jour de l'évènement, qui pourrait expliquer le cabré plus important au moment de l'oreille de rassemblement.

**Un sentiment de maîtrise peut avoir favorisé une exécution du programme plus dynamique, à l'origine du cabré plus marqué le jour de l'évènement.**

##### Motivation à réussir – Effet public

L'évènement survient au deuxième jour du premier meeting aérien de cette équipe devant un public réel. Selon l'instruction IV-50, les présentations tactiques ont pour objectif de faire une démonstration des savoir-faire des équipages de l'armée de l'Air et de l'Espace. L'utilisation des appareils aux limites de la technicité des pilotes n'est pas nécessaire. Pour les présentations tactiques basiques, il est précisé que la recherche de compression des enchaînements dans le temps n'est pas attendue. Ainsi, la démonstration du savoir-faire technique, sans prise de risque, y a la priorité sur l'esthétique de la démonstration.

Pourtant, lors de la présentation du dimanche, l'équipe réalise une démonstration plus dynamique que celle présentée la veille. Le temps écoulé entre le lâcher des freins et la fin de la figure 9 (« *show of force* ») est 22 secondes plus court le dimanche que le samedi, soit environ 5 %. Il est probable que la présence des familles, des autorités militaires et d'un public nombreux ait induit une motivation accrue de l'équipe à réaliser la démonstration de manière irréprochable techniquement et esthétiquement.

**Malgré sa grande expérience aéronautique, l'équipe n'a effectué auparavant qu'une seule démonstration aérienne en présence d'un public, de familles et d'autorités militaires, ce qui a probablement contribué à porter une attention particulière à l'esthétique de la présentation. Cette inexpérience du public a pu conduire à exécuter le programme de façon plus dynamique qu'à l'entraînement et donc à augmenter le niveau de risque de la présentation.**

#### 2.3.2.1.4. Conscience de la situation non partagée

Sur le programme de la présentation, aucune information relative aux communications standardisées attendues en cours d'exécution de cette figure n'est mentionnée. Cela n'a pas été identifié comme nécessaire par l'équipe lors des entraînements. Or, la qualité de la communication contribue à l'élaboration d'une conscience de la situation juste et partagée par tous les acteurs. En situation d'urgence, un manque de communication ou une communication non standardisée peuvent être des sources d'actions inadaptées de l'un des acteurs en raison d'une conscience erronée de la situation.

Au moment de l'évènement, l'équipier se rapproche du leader sans que ce dernier n'en ait connaissance. Le leader ne peut élaborer sa conscience de la situation qu'au travers des informations qu'il perçoit. Lorsque le déroulement de la présentation est normal, l'équipier est habituellement en retrait et légèrement dans l'intérieur du virage. Il est donc visible par le leader dans son rétroviseur. Au moment de l'évènement, l'équipier est en retrait sur le même axe que le leader, légèrement en-dessous. Dans cette position, il est

masqué et invisible du leader dans son rétroviseur. En l'absence de communication précise de son équipier, la conscience de la situation du leader ne peut donc être que partielle.

Lorsque l'équipier lui demande d'accélérer, le leader augmente la puissance et applique une variation d'assiette à piquer afin de faciliter la prise de vitesse. En modifiant ainsi sa trajectoire, il réduit la distance avec son équipier qui se trouve alors juste sous lui. De son côté, l'équipier, en demandant au leader d'accélérer, ne s'attendait pas à cette variation d'assiette à piquer.

**Le programme de la présentation, faiblement détaillé, a conduit à une communication non standardisée de l'équipier à un instant critique du rassemblement. Pour y répondre, le leader, disposant d'une conscience de la situation erronée concernant la position de son équipier, a modifié sa trajectoire d'une façon que ce dernier n'a pas pu anticiper.**

2.3.2.2. Retard dans l'analyse de la situation par l'équipier

2.3.2.2.1. Désorientation spatiale de l'équipier

En raison du cabré important et inattendu du leader, l'équipier est obligé de s'adapter. L'élaboration d'un nouveau plan d'actions dans un laps de temps extrêmement court est exigeant en ressources cognitives. Pour la première fois des 14 déroulements du programme, il est contraint de réaliser un passage trois quarts dos au sommet de l'oreille. Lorsqu'il quitte cette position, il est dans une situation inattendue, derrière et sous le leader. Habituellement, il est plutôt derrière le leader sur une trajectoire intérieure au virage. L'équipier ressent alors une brève désorientation spatiale.

Il est possible que la charge cognitive associée à son pilotage en réaction à une situation inhabituelle n'ait pas permis à l'équipier d'assurer un contrôle permanent de sa position par rapport au leader. Cette situation est probablement à l'origine de la courte désorientation spatiale ressentie en sortie de virage. Ainsi, le pilote équipier n'a pas été en mesure d'analyser immédiatement la situation comme défavorable. Le temps de recouvrer ses esprits, il se retrouve sous le leader alors que l'espacement vertical diminue.

**Une courte désorientation spatiale peut avoir contribué au retard d'analyse du pilote équipier le plaçant dans une position défavorable alors que l'espacement vertical entre les avions diminue.**

2.3.2.2.2. Difficulté d'évaluation de la vitesse de rapprochement

Habituellement, pour ce rassemblement, l'équipier se positionne sur une trajectoire intérieure à celle du leader, ou extérieure si nécessaire. Ceci lui permet d'acquiescer un défilement qui l'aide à estimer la vitesse de rapprochement. Le jour de l'évènement, en sortant de la position trois quarts dos, l'équipier se retrouve positionné derrière et sur le même axe que le leader. Dans cette situation, il est privé du défilement et ne peut estimer la vitesse de rapprochement que par le grossissement de l'avion dans sa verrière. L'estimation de la vitesse de rapprochement de cette façon apparaît très délicate et a entravé l'analyse de la situation de l'équipier en contribuant à l'enfermer dans une situation défavorable.

**La position de l'équipier sur le même axe derrière le leader rend difficile l'évaluation de la vitesse de rapprochement des aéronefs et a retardé l'analyse de la situation.**

### 2.3.3. Absence de meeting durant la pandémie de Covid-19

Pendant la pandémie de Covid-19, l'ensemble des meetings aériens auxquels devait participer l'équipe « Vautour Bravo » a été annulé, hormis quelques manifestations mineures. Pourtant, les pilotes constituant l'équipe ont été remplacés chaque année. Ainsi, l'équipe de 2022 est la première équipe depuis deux ans à participer de nouveau à des meetings aériens de cette envergure. Or, le partage d'expérience s'effectue d'année en année entre l'équipe descendante et l'équipe montante. L'équipe de 2022 n'a donc pu bénéficier que d'un retour d'expérience très limité de l'équipe 2021 et de l'équipe de 2020 qui n'ont participé à aucun meeting majeur. L'apport de l'équipe précédente aux « Vautour Bravo » 2022 a donc été constitué uniquement d'un coaching technique lors de séances de simulateur.

**L'interruption quasi-totale des meetings pendant les deux années de crise Covid-19 contribue à une érosion de l'expérience collective des démonstrations en public pour l'équipe « Vautour Bravo ». Le tuilage avec l'équipe précédente s'est limité à deux séances de simulateur.**

### 3. CONCLUSION

L'évènement est un abordage entre deux Rafale C lors d'une présentation tactique basique.

#MAC<sup>22</sup>

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

Deux pilotes du RC 2/30 « Normandie Niemen » effectuent une présentation tactique basique sur Rafale C lors du Meeting National Air de Cognac le 22 mai 2022. Ils ont effectué la même présentation la veille et ont réalisé le programme huit fois en entraînement réel et quatre fois au simulateur.

Les conditions météorologiques permettent la réalisation de la présentation sans restriction.

Les deux avions sont navigables et leur entretien est conforme au programme de maintenance en vigueur.

Vers la fin du programme, les pilotes effectuent un « *show of force* » en FMO sur l'axe de présentation puis le leader dégage par un virage serré à droite et cabre pour réaliser une oreille afin de se présenter pour la figure suivante. L'équipier le suit en vue d'effectuer un rassemblement en PS mais constate une vitesse de rapprochement importante en raison d'un cabré inhabituellement marqué du leader. Le leader lui indique une vitesse de 200 kt alors qu'elle est habituellement de 250 kt lors de cette phase. L'équipier lui demande donc d'accélérer. Le leader réagit en augmentant la puissance et en effectuant une variation d'assiette à piquer alors que l'équipier arrive par l'arrière et par le dessous. Celui-ci ne parvient pas à éviter l'abordage. Deux chocs successifs se produisent et provoquent notamment la perte de la partie haute de la dérive de l'équipier et des dommages importants sur le plan canard droit du leader.

Les deux avions restent pilotables et les pilotes parviennent à se poser sur la piste de Cognac.

Les deux avions sont fortement endommagés. Une maison de la commune de Gensac-la-Pallue a été endommagée par la chute de débris. Les deux pilotes sont indemnes.

#### 3.2. Causes de l'évènement

Les causes de l'abordage des deux Rafale C relèvent du domaine des facteurs organisationnels et humains.

La réalisation par le leader d'un cabré plus marqué qu'à l'accoutumée a été favorisée par une migration des pratiques dans la réalisation de l'oreille de rassemblement après le « *show of force* ». Cette migration des pratiques a débuté dès les entraînements, puisque l'équipe a choisi de dévier des paramètres de 1 500 ft / 400 kt initialement prévus pour cette figure dans le programme validé par la BAAC. Les nouveaux paramètres adoptés consistent en la réalisation d'un cabré plus marqué et conduisent à atteindre une altitude de 3 000 à 4 000 ft et une vitesse d'environ 250 kt, afin de faciliter le rassemblement en PS pour la prochaine figure. Cette évolution du programme n'a cependant pas été validée ni formalisée par la modification du point clé correspondant, rendant possible une exécution différente d'une présentation à l'autre et introduisant de nouveaux risques non pris en compte. Un sentiment erroné de simplicité de la mission a pu favoriser une diminution de l'attention portée à ces risques.

La migration des pratiques au cours des entraînements et présentations réelles précédents a réduit les marges de manœuvre de l'équipier lors de cette figure en augmentant la difficulté du rassemblement, devenu moins tolérant à l'erreur. Une courte désorientation spatiale peut avoir contribué au retard d'analyse de l'équipier le conduisant à se placer dans une position défavorable alors que l'écartement vertical entre les avions diminue. De plus, cette position derrière le leader sur le même axe rend difficile l'évaluation de la vitesse de rapprochement des aéronefs. Le programme de la présentation, insuffisamment détaillé, a conduit à une communication non standardisée de l'équipier sur la vitesse à un instant critique du rassemblement. Pour y répondre, le leader, disposant d'une conscience de la situation erronée concernant la position de son équipier, a modifié sa trajectoire d'une façon que ce dernier n'a pas pu anticiper.

---

<sup>22</sup> *Mid Air Collision* - abordage. Référence : *Aviation Occurrence Categories* version de mai 2021 de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).

La faible expérience de l'équipe en matière de démonstration aérienne en présence d'un public comprenant les familles et des autorités militaires a probablement contribué à porter une attention particulière à l'esthétique de la présentation. Cela et un excès de confiance ont pu conduire à sous-évaluer les risques associés à l'exécution du programme de façon plus dynamique, constatée par l'ensemble des témoins le jour de l'évènement.

À un niveau organisationnel, les présentations tactiques basiques sont encadrées dans l'armée de l'Air et de l'Espace par l'instruction IV-50. Elles y sont définies comme étant composées de figures simples faisant partie de l'entraînement habituel de l'unité dans le cadre de ses missions opérationnelles. Le programme ne doit pas rechercher la compression des enchaînements dans le temps. Cependant, la présentation des « Vautour Bravo » comporte douze figures prévues pour un temps de vol d'environ douze minutes. Ainsi, les contraintes en volume et en temps du programme ainsi que les nouveaux paramètres adoptés à l'entraînement imposent de mettre en œuvre un pilotage non habituel, susceptible de réduire les marges de manœuvre des pilotes, ce qui est contraire à l'esprit de ce type de présentation.

Pourtant, et comme prévu par l'instruction IV-50, le programme des « Vautour Bravo » a été validé avant la saison par une commission de sécurité organique malgré sa densité et malgré le fait qu'il comporte peu de points clés, dont certains inadaptés, et peu de standardisation des communications. La modification dans l'exécution de l'oreille de rassemblement après le « *show of force* » n'a pas été validée alors que c'est une exigence de l'instruction IV-50.

Un sentiment de confiance vis-à-vis d'un programme de démonstration validé depuis plusieurs années a pu conduire le RC 2/30 et l'EC 3/30 à réaliser l'analyse des risques exigée par l'instruction IV-50 de façon incomplète. De plus, les changements dans le programme par rapport à l'année précédente concernent principalement l'esthétique et le dynamisme de la présentation, incitant la nouvelle équipe de pilotes à porter une attention particulière à ces aspects alors que l'instruction IV-50 demande de privilégier la sécurité et l'effet pédagogique pour le public. Enfin, pendant les entraînements, l'équipe n'a pas suffisamment tiré profit du rôle du SV sur le plan de la sécurité, en nommant à ce poste des pilotes peu expérimentés en démonstration aérienne lors de trois des quatre entraînements.

Les présentations tactiques basiques sont considérées par l'armée de l'Air et de l'Espace comme une activité secondaire qui doit s'adapter aux contraintes opérationnelles que subissent les pilotes. Ces considérations et l'engagement opérationnel très important des équipages de Rafale ont conduit à une variété des vols de l'équipier la semaine du meeting, altérant le bénéfice du dernier entraînement à la présentation. Les contraintes opérationnelles pesant sur les équipages de Rafale ont aussi conduit les « Vautour Bravo » à arriver le matin de la démonstration après le briefing de sécurité général auquel ont assisté l'ensemble des autres équipages participant au meeting, tous arrivés la veille.

Isolée des équipes de présentation de l'armée de l'Air et de l'Espace, l'équipe de présentation tactique basique bénéficie d'un partage d'expérience limité avec les présentateurs techniques, rompus aux démonstrations aériennes. L'interruption des meetings aériens pendant deux ans est à l'origine d'une érosion de l'expérience collective des démonstrations en public pour l'équipe « Vautour Bravo », accentuée encore par un tuilage avec l'équipe précédente limité à deux séances de simulateur.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

#### 4.1.1. Étude et validation des programmes de présentation

La version actuelle de l'instruction IV-50 indique que les commandements et direction sont responsables de la validation des programmes des présentations tactiques et de la qualification de leur niveau (basique ou avancée). La faisabilité et l'enchaînement des figures du programme ne sont alors étudiés qu'avec les unités concernées, ce qui ne permet pas d'avoir le recul nécessaire pour déceler d'éventuelles faiblesses en terme de sécurité.

À l'inverse, les programmes des autres formations comme la PAF, l'EVAA ou le RSD sont validés par le chef d'état-major de l'armée de l'Air et de l'Espace et étudiés par une commission de sécurité comprenant un ou des pilotes ayant l'expérience de la mission de présentation en vol dans la formation considérée.

L'enquête a mis en évidence que le programme de présentation des « Vautour Bravo » a été validé alors qu'il comporte peu de points clés dans les manœuvres de transition et que la représentation de certaines figures y est imparfaite. De plus, certaines communications standardisées n'y sont pas décrites. Pourtant, ces détails permettent de détecter les écarts lors de l'exécution du programme et de préserver des portes de sortie pour les pilotes. Ainsi, ceux-ci peuvent soit corriger l'écart constaté, soit sortir de la figure si son exécution en sécurité est compromise.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, de faire étudier avant leur validation les programmes des présentations tactiques par un pilote expert extérieur à l'unité concernée, par exemple par un présentateur technique.**

**R1 – [A-2022-12-A] Destinataire : CEMAAE**

#### 4.1.2. Sensibilisation à l'effet public

L'enquête a mis en évidence un probable impact de l'effet public dans la motivation à réussir une présentation esthétique devant un public nombreux et enthousiaste dans lequel se trouvent des autorités militaires ainsi que les familles. Cette attention particulière portée à l'esthétique a pu être accentuée par le fait que ces présentations ont souvent lieu lors de meetings où se produisent aussi la PAF, l'EVAA ou le RSD, pour lesquels l'esthétique fait partie de la mission et de l'entraînement, mais avec lesquels il ne doit pourtant pas y avoir d'amalgame. L'attention portée à l'esthétique n'est en effet pas attendue dans les présentations tactiques basiques d'après l'instruction IV-50, elle a pourtant pu conduire à exécuter une présentation plus dynamique qu'à l'accoutumée. Ceci est probablement une des causes du cabré inhabituel du leader et donc de l'évènement.

L'instruction IV-50 prévoit une sensibilisation des pilotes au plus tard 15 jours avant une présentation sur le thème du facteur humain appliqué aux démonstrations aériennes. Les points suivants y sont abordés :

- effet public ;
- gestion du stress ;
- répartition des tâches ;
- communication ;
- prise de décision / confiance ;
- perception de l'environnement.

Cette sensibilisation a été effectuée lors d'une simple conversation téléphonique avec le présentateur RSD. D'autres autorités d'emploi étatiques qui réalisent des démonstrations aériennes prévoient la possibilité de bénéficier d'une présentation de l'institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) ou de l'institut français de sécurité aérienne (IFSA) sur le thème.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, de renforcer et formaliser la sensibilisation des équipes de présentation tactique aux risques constitués par l'effet public lors de manifestations aériennes.**

**R2 – [A-2022-12-A] Destinataire : CEMAAE**

#### 4.1.3. Critères de qualification d'une présentation tactique basique ou avancée

Le programme de la présentation des « Vautour Bravo » comporte 12 figures à exécuter en 12 minutes de vol environ et a été qualifié de présentation tactique basique. L'instruction IV-50 indique que ce type de présentation ne doit pas rechercher la compression des enchaînements dans le temps, contrairement aux présentations tactiques dites avancées. Or, ce critère est imprécis et peut être subjectif.

Les contraintes en volume et en temps du programme des « Vautour Bravo » imposent aux pilotes d'adopter un pilotage non habituel qui réduit leurs marges de manœuvre, sans bénéficier de l'entraînement renforcé prévu pour les présentations tactiques avancées. Outre l'abordage lors du Meeting National Air de Cognac, ceci a conduit à un incident grave lors d'un entraînement antérieur lorsque le leader est descendu sous le plancher de sécurité et a survolé l'emplacement fictif du public. Une des causes évoquées par la hiérarchie dans le compte-rendu de cet incident était la volonté de dynamiser l'exécution du programme et d'enchaîner plus rapidement deux figures.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'Air et de l'Espace, de préciser dans l'instruction IV-50 les critères de qualification d'une présentation tactique comme basique ou avancée, et de s'assurer que celle des « Vautour Bravo » et celles des autres équipes de présentation similaires les respectent.**

**R3 – [A-2022-12-A] Destinataire : CEMAAE**

#### 4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement

Sans objet.