

Classiquement, la désorientation spatiale en vol peut être expliquée par trois phénomènes : la survenue d'une illusion perceptive, une conscience erronée de la situation liée à une focalisation attentionnelle, ou encore un affichage erroné des informations fournies par les instruments.

### **Illusion perceptive**

La perception de l'espace résulte de l'intégration d'informations issues de divers capteurs dont les capteurs biologiques sensoriels et plus spécifiquement les systèmes visuel, vestibulaire et proprioceptif<sup>26</sup>.

Une illusion perceptive (voir annexe) correspond à une situation au cours de laquelle l'individu a une perception erronée de la position et du mouvement de son corps dans l'espace. Les illusions perceptives peuvent aboutir à une désorientation spatiale.

#### *Absence de références visuelles*

En l'absence d'informations visuelles, la perception de l'espace peut être soumise à de nombreuses illusions perceptives.

Les différentes informations météorologiques disponibles (cf. § 1.7. page 13) indiquent la présence d'une couche nuageuse épaisse sur l'ensemble du vol dans le RTBA. Toutefois, juste avant le deuxième décollage, deux témoins ont vu l'avion quelques secondes. Celui-ci était donc sous la couche à ce moment-là. Il est très probable qu'il évoluait en limite de couche, alternativement dans et hors des nuages. Ce phénomène peut être perturbant pour les pilotes, même s'ils sont censés ne piloter qu'aux instruments.

Il est donc très probable que Coca 27 ait réalisé le deuxième décollage majoritairement en conditions de vol aux instruments (IMC), avec des passages ponctuels en VMC.

#### *Forte sollicitation de l'appareil vestibulaire*

Après la passe de tir, l'avion a viré franchement vers la droite puis, à cause du décollage, a remis les ailes à plat avec le taux de roulis maximal avant de cabrer fortement pendant plusieurs secondes. Par la suite, l'avion a viré franchement à droite tout en passant trois quart dos. Ces fortes sollicitations sont susceptibles de favoriser les illusions perceptives de chacun des membres de l'équipage.

#### *Informations présentées par l'indicateur sphérique gyroscopique (ISG)*

En l'absence de références visuelles, le risque d'illusions perceptives étant important, il est recommandé aux pilotes de se référer aux informations fournies par les instruments de vol. La reconstitution au simulateur de DGA EV a montré que dans la phase de piquer, la ligne d'horizon de l'ISG disparaît pratiquement du fait de la forte pente et du fort virage. L'instrument ne présentait alors pratiquement plus que sa face de couleur marron.

Cet instrument indiquait bien au pilote que son aéronef se dirigeait vers le sol. Toutefois, un temps d'analyse de celui-ci est également nécessaire pour déterminer les actions de pilotage à réaliser pour la manœuvre de sortie de piquer. Ce temps d'analyse est d'autant plus important que l'ISG ne présente que peu d'informations permettant d'interpréter l'attitude de l'avion.

---

<sup>26</sup> Les récepteurs proprioceptifs assurent la proprioception, c'est-à-dire la perception, consciente ou non, de la position des différentes parties du corps.

### *Autres facteurs*

Par ailleurs, il existe d'autres facteurs susceptibles de favoriser les illusions perceptives au sein de l'équipage. Dans le cas présent, ces facteurs sont une forte charge cognitive subie par l'équipage à cet instant du vol, une expérience limitée et un manque d'entraînement (cf. § 2.3.2. page 43).

**Les conditions météorologiques et les stimulations vestibulaires dues à la trajectoire de l'avion sont propices à l'apparition d'illusions perceptives d'origine vestibulaire.  
Une illusion perceptive est à l'origine d'une désorientation spatiale de l'équipage.**

### **Conscience erronée de la situation**

L'évènement survient au moment où devait être réalisée la simulation de passe de tir SCALP. Cette phase est particulièrement complexe et exige de nombreuses ressources cognitives pour traiter l'information perçue sur la VTB, agir aux commandes et réaliser les procédures de tir. Cette exigence attentionnelle l'est encore davantage pour le pilote tout juste PCO et dont les compétences, notamment relatives au SDT, sont encore en cours de mûrissement.

De plus, deux minutes avant la simulation de passe de tir, l'équipage est confronté à un premier dégageement imprévu qui a retardé son plan d'action et réduit tous les délais pour la préparation de cette simulation. En effet, la reprise de SDT suite à ce dégageement a lieu une minute et 20 secondes avant la passe de tir. L'équipage aborde donc la simulation de passe de tir avec une forte charge cognitive et une forte pression temporelle.

Et c'est justement après la passe de tir, et alors que le pilote initie son virage à droite, qu'a lieu le deuxième dégageement imprévu. Ce dernier entraîne un changement de plan d'action de l'équipage, intensifiant encore plus sa charge de travail. En effet, l'équipage doit alors en très peu de temps gérer son second dégageement tout en assurant simultanément son cap afin de ne pas sortir du réseau RTBA. La surveillance de l'attitude de l'aéronef, de l'altitude et du cap à suivre constituent des tâches simultanées. Or, les ressources attentionnelles étant limitées, l'attention ne peut être portée sur ces différents paramètres à la fois, sauf en réalisant un balayage visuel. Si l'une de ces tâches devient plus exigeante en termes de ressources attentionnelles, il est possible alors de ne pas détecter les évolutions des autres paramètres. Lors du vol, il est possible que le pilote ait porté son attention sur :

- le cap à rejoindre afin d'éviter de sortir du RTBA ;
- une éventuelle panne technique qui aurait été la cause du dégageement (cf. § 2.2.9.3. page 37) ou qui serait survenue à ce moment ;
- une autre action.

Ces conditions sont alors toutes susceptibles de générer une conscience erronée de la situation, l'attention n'étant alors plus portée sur les paramètres indiquant l'attitude et l'altitude de l'aéronef, pendant les 5 secondes où la trajectoire n'a pas été contrôlée.

**Une conscience erronée de la situation, due à une charge cognitive élevée et une forte pression temporelle, est à l'origine d'une désorientation spatiale de l'équipage.**

### Affichage des informations fournies par les instruments de vol

Les pilotes réalisent les déagements en utilisant comme seuls instruments l'ISG et l'altimètre. L'enquête n'a pas permis de détecter un dysfonctionnement d'un de ces deux systèmes. Pourtant, sans être fréquents, les dysfonctionnements de ces instruments ne sont pas complètement exceptionnels. Ainsi, en 2018, l'ESTA a relevé 21 dysfonctionnements de l'altimètre et 52 de l'ISG.

Une panne de l'ISG est susceptible de supprimer l'information principale d'attitude utilisée par les pilotes pendant les déagements. Dans ce cas, le risque d'une désorientation spatiale serait très important. Toutefois, même en cas de panne, notamment d'alimentation électrique, l'ISG reste valide pendant quelques minutes. Et le pilote dispose toujours des informations de la VTH, même si celles-ci peuvent conduire à des erreurs d'interprétation.

L'hypothèse que la panne de l'altimètre soit à l'origine de l'évènement est peu probable. En effet, l'équipage dispose alors toujours d'une indication de hauteur avec la radiosonde.

**L'hypothèse que la désorientation spatiale de l'équipage soit liée à un panne de l'ISG ou de l'altimètre est improbable.**

#### 2.3.1.3. Synthèse

**Lors du deuxième déagement, l'équipage n'a pas stabilisé à l'altitude de sécurité et a poursuivi le vol en piquer vers le sol. Il a subi une désorientation spatiale due à une illusion sensorielle et une conscience erronée de la situation.**

#### 2.3.2. Contexte de l'évènement

##### 2.3.2.1. Niveau de risque de la mission

La mission d'AST est une mission à risque élevé car les marges d'erreur sont très faibles. En effet, les aéronefs évoluent en TBA et à très grande vitesse, parfois en IMC lors des vols dans le RTBA. En outre, plus la hauteur de consigne est faible, plus les marges de manœuvre pour répondre aux instructions du système sont réduites. Toute erreur de pilotage est susceptible de conduire l'avion à heurter le sol. On parle alors de situation non tolérante à l'erreur.

Pour minimiser la prise de risque, les équipages ont pour consigne de voler en mode automatique<sup>27</sup> (radar ou fichier) car le système est fiable et a fait ses preuves. Néanmoins, la passe de tir SCALP est réalisée de préférence en mode TBA. Le pilotage manuel en mode TBA est techniquement complexe. Le pilote doit suivre sur la VTB les indications de direction et de hauteur à adopter. Or, la symbologie de l'affichage tête basse n'est pas intuitive, ce qui rend le mode TBA particulièrement difficile à réaliser. La direction à suivre (droite-gauche) s'interprète en fonction de la position de deux tirets qui évoluent de part et d'autre du vecteur vitesse (cercle au milieu de la VTB). La hauteur, quant à elle, s'interprète en fonction de symboles horizontaux défilant progressivement de droite à gauche dans la partie basse de la VTB.

---

<sup>27</sup> REAC : « le SDT auto radar est le mode préférentiel quand il est possible ».

Si la procédure de SDT exige du pilote une attention tournée exclusivement sur la VTB, l'absence de visibilité extérieure augmente la difficulté du pilotage, l'équipage n'ayant aucune référence visuelle pour s'aider en vision périphérique.

Enfin, le vol en SDT nécessite de respecter plusieurs procédures et d'être bien mécanisé.

Ce type de vol demande donc un entraînement régulier.

**Le SDT en mode TBA est techniquement difficile, et ce encore davantage lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises. Les marges d'erreur sont quasi nulles. Ces missions appellent un entraînement conséquent.**

#### 2.3.2.2. Baisse du niveau d'entraînement

##### **Déficit en entraînement organique<sup>28</sup>**

La 3<sup>e</sup> escadre de chasse connaît depuis plusieurs années un déficit en entraînement organique. Celui-ci est dû à un engagement important en opérations extérieures et à une faible disponibilité des Mirage 2000D. De plus, le spectre des missions attribuées à l'escadre s'élargit. Mécaniquement, pour une mission donnée, le niveau d'entraînement des équipages diminue. Ce phénomène touche particulièrement les pilotes dans la mesure où les NOSA, moins nombreux en escadron, volent davantage.

Les priorités sont données aux vols de qualification au détriment des vols de mûrissement. Ainsi, les équipages réalisent peu de vols pour maintenir ou approfondir leurs compétences, ce qu'ils appellent « voler dans leur qualification ». Généralement, ils volent pour s'entraîner au passage d'une qualification supérieure ou pour l'entraînement d'autres pilotes. Ils volent également beaucoup durant les OPEX. Mais les vols réalisés durant ces séjours, qui augmentent les heures de vol, ne sont pas représentatifs de l'ensemble du spectre des missions de l'escadre.

Cette baisse d'expérience est pleinement ressentie par les jeunes pilotes qui ont l'impression que chaque vol est un vol de reprise.

**La 3<sup>e</sup> EC connaît un déficit en entraînement organique depuis plusieurs années.**

##### **Manque d'entraînement organique de l'équipage de Coca 27**

En juillet 2018, face à la dégradation de l'entraînement organique des équipages de la 3<sup>e</sup> EC, et pour limiter les risques, l'armée de l'air a fixé des minimas d'heures de vol à réaliser annuellement pour les pilotes en fonction de leur qualification. Ces heures de vol sont complétées par celles réalisées en OPEX pour atteindre une activité annuelle acceptable. Pourtant, ces vols en OPEX, donc ceux réalisés par Coca 27, ne permettent pas le perfectionnement dans tout le spectre de mission de la 3<sup>e</sup> EC.

En 2017, le pilote de Coca 27 réalise 122 heures de vol. En 2018, il réalise 148 heures d'entraînement organique dont 10 heures de convoyage vers l'Afrique et 66 heures de vol en OPEX. Si en 2018, il atteint le seuil fixé, ce n'est pas le cas en 2017.

En définitive, le pilote est peu expérimenté. Il est encore en cours d'acquisition de nouvelles compétences, qui doivent s'appuyer sur des compétences déjà acquises et consolidées. Le déficit de vols dit « de mûrissement » et l'irrégularité de ces vols ne le permettent pas.

---

<sup>28</sup> L'entraînement organique correspond aux missions de mise et de maintien en condition opérationnelle. Il ne comprend donc pas les missions opérationnelles réalisées en OPEX.

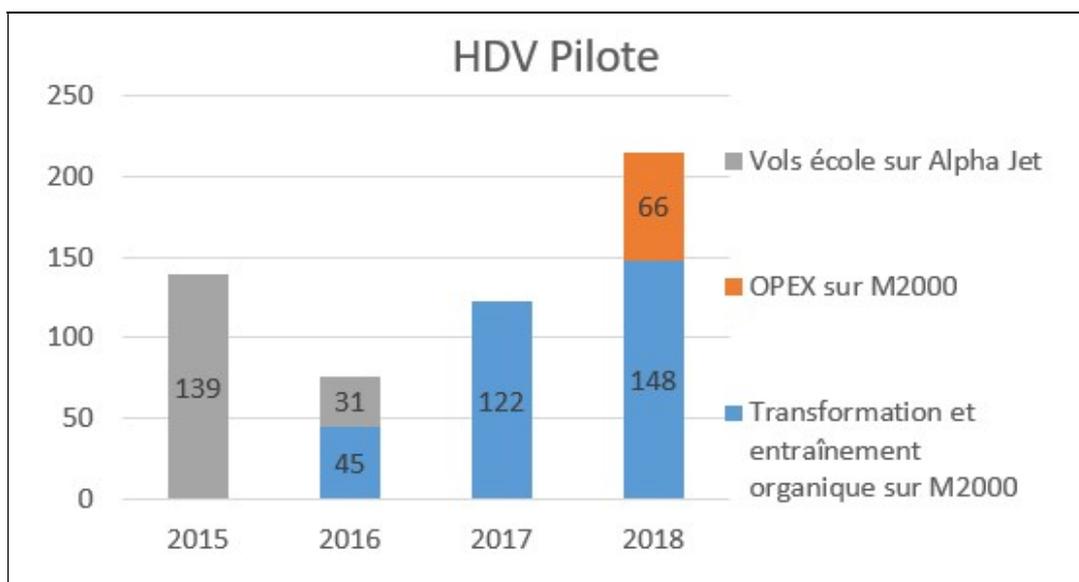


Figure 29 : heures de vol du pilote

Pour sa part, le NOSA a effectué un nombre d'heures de vol constant aux alentours de 225 par an, mais il a réalisé au moins une OPEX chaque année. Ainsi en 2018, il n'a volé que 93 heures en missions d'entraînement organique. Pour les NOSA, il n'y a pas de seuil fixé, mais le volume d'heures réalisées en 2018 en entraînement organique par celui de Coca 27 est faible.

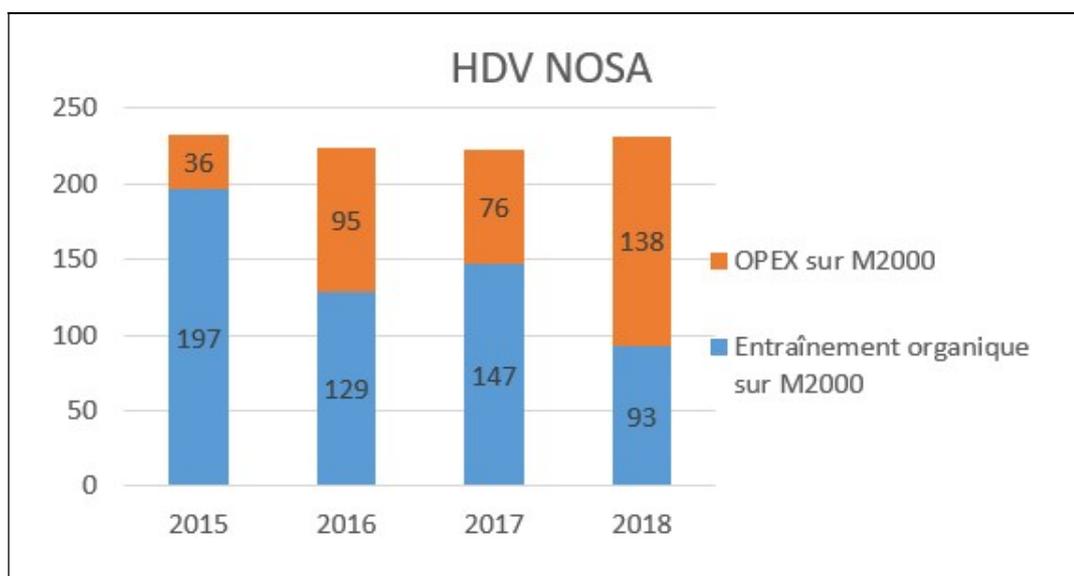


Figure 30 : heures de vol du NOSA

Le nombre d'heures de vol réalisé en missions d'entraînement organique par l'équipage est insuffisant et irrégulier pour permettre le maintien des compétences acquises et l'acquisition de nouvelles compétences sur des bases solides.

### **Manque d'entraînement de l'équipage aux missions de SDT**

Il est demandé dans les consignes permanentes d'instruction du personnel navigant (CPIP) que des missions de SDT soient réalisées au moins une fois par mois pour les PCO afin de maintenir les compétences. Cela n'a pas été le cas pour le pilote.

En effet, depuis sa qualification aux missions de SDT, obtenue en juillet 2017, le pilote n'a réalisé que 7 vols consacrés au SDT (AST 3 ou 4), dont deux en OPEX en Afrique. Sur ces 7 vols, un seul a été réalisé en hiver, en janvier 2018. Et il n'était pas exclusivement consacré au SDT. De plus, il a passé sa qualification aux missions de SDT en été, « dans des conditions climatiques clémentes (VMC) », comme indiqué dans son mémoire de fin de qualification.

L'irrégularité et le manque d'entraînement à cet exercice ne permettent pas d'assurer une consolidation des savoir-faire acquis lors de la qualification. Le manque de pratique du SDT par ce pilote avec des conditions météorologiques défavorables est certain.

En 2018, le NOSA a réalisé sept missions de SDT, dont 3 en métropole entre avril et juillet et quatre en opération extérieure en Afrique entre septembre et novembre. Le NOSA n'a donc pas fait de mission de SDT en hiver en 2018.

Par ailleurs, il est demandé dans les CPIPN, dans le cadre du maintien des compétences, que des missions de SDT soient réalisées une fois tous les deux mois pour les SCN. Si la quantité est bien respectée (7 missions en 12 mois), la régularité ne l'est pas. Le manque de régularité dans l'entraînement ne favorise pas la consolidation des savoir-faire acquis lors de la qualification.

Ce faible entraînement aux missions de SDT peut s'expliquer par le fait que ce type de mission ne fait plus partie du cœur de domaine d'emploi des Mirage 2000D. Il ne fait d'ailleurs l'objet d'aucun suivi spécifique au sein de la 3<sup>e</sup> EC.

Or, la qualité et la quantité d'entraînement sont des déterminants majeurs de l'élaboration d'une conscience de la situation en vol pour le personnel navigant.

**Le rythme et les conditions d'entraînement de l'équipage ne permettent pas d'assurer un maintien optimal des compétences pour les missions de SDT. Pour le personnel navigant peu expérimenté, le risque d'acquiescer une conscience de la situation erronée lors de ce type de mission est alors élevé.**

### **Entraînement au tir SCALP**

Le simulateur de vol utilisé par la 3<sup>e</sup> EC ne permet pas de simuler la passe de tir SCALP. Celle-ci doit se faire à l'entraîneur de vol, moins réaliste.

L'absence de capacité de simulation réduit fortement les possibilités de mécanisation à ce type de mission. Cette limitation technique du simulateur, associée au manque d'entraînement en vol, est préjudiciable à l'acquisition et à l'entretien de compétences et à leur parfaite mécanisation.

C'est seulement lorsque la compétence devient pleinement automatisée par l'équipage qu'elle exige moins de ressources cognitives.

**L'absence de possibilité d'entraînement au simulateur à ce type de passe de tir diminue les possibilités de mécanisation des équipages.**

### Réponse organisationnelle

Conscient de cette situation, le commandement local a régulièrement rendu compte et formulé des propositions notamment pour faire des choix dans le large spectre des missions de la 3<sup>e</sup> EC. L'armée de l'air n'a pas pu valider ces propositions qui engageaient profondément l'orientation de la formation des équipages. En effet, les solutions proposées ont été jugées prématurées car elles auraient entraîné une perte irréversible de compétences dans certains domaines.

**Dans un contexte d'heures de vol contingentées, le déficit de missions d'entraînement organique des équipages de la 3<sup>e</sup> EC n'a pas entraîné de réorganisation du spectre des missions.**

### Synthèse

**La mission de SDT est une mission techniquement complexe qui demande une pratique régulière. Or, la 3<sup>e</sup> EC connaît un déficit d'entraînement organique alors que le spectre de ses missions et de ses engagements s'élargit. Ainsi l'équipage de Coca 27, tout particulièrement le pilote, n'a pas pu consolider ses compétences en SDT, notamment par conditions météorologiques défavorables. Ce manque d'entraînement a contribué à l'évènement.**

#### 2.3.2.3. Migration des pratiques<sup>29</sup>

La diminution progressive des heures de vol consacrées à l'entraînement organique, aggravée par une indisponibilité technique chronique et associée à un élargissement du spectre des missions, a conduit la 3<sup>e</sup> EC à rentabiliser au maximum les missions d'entraînement. Au début des années 2000, les équipages réalisaient une cinquantaine d'heures de vol de SDT par an dont certaines sans autre objectif que la pratique du SDT. Désormais, les équipages ne réalisent théoriquement qu'environ une dizaine de missions par an avec une densité supérieure : ajout d'un thème tactique, d'une ou plusieurs passes de tir, d'une ambiance de guerre électronique, etc.. Le SDT n'est plus perçu comme le but de l'entraînement mais comme le simple prélude à un mode d'action opérationnel, qui requiert donc moins l'attention.

Cette situation est admise par les équipages et les différents échelons du commandement. Elle résulte d'une adaptation des unités navigantes face aux contraintes systémiques que sont le manque de disponibilité des aéronefs, le manque d'heures de vol des équipages et les ambitions opérationnelles.

Cette situation a pour conséquence d'entraîner une migration des pratiques (au-delà des limites considérées comme sûres). Cette migration n'a pas été perçue comme une prise de risque car elle a été progressive et était sans incident majeur. Elle s'est normalisée au fil du temps. Des faits qui constituaient initialement des signaux d'alerte n'ont plus été considérés comme tels.

---

<sup>29</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 d'écarts aux règles de sécurité. 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.

Les risques associés à un type de pratique ont été progressivement perdus de vue. Pour les jeunes équipages qui n'ont connu que cette situation, ces pratiques constituent la normalité de leur travail au quotidien. Elles ne sont pas perçues comme exceptionnelles mais comme routinières. Ils n'ont alors pas conscience des prises de risque associées.

Ce phénomène est renforcé par un manque d'officiers sous contrat (OSC) expérimentés et garantissant la mémoire de l'évolution des pratiques au sein de la 3<sup>e</sup> EC.

Dans ce contexte, la mission attribuée à l'équipage de Coca 27 le 9 janvier 2019 était considérée comme simple car sans thème tactique. Pourtant, la mission était techniquement complexe et l'entraînement de l'équipage pour la réaliser insuffisant.

**Le besoin de rentabiliser les missions d'entraînement a conduit à une migration des pratiques. Ce phénomène est à l'origine d'une sous-évaluation du risque des missions d'entraînement au SDT et a contribué à l'évènement.**

#### 2.3.2.4. Conséquence de la sous-évaluation du risque

##### Supervision

###### *Limitation de la procédure SDT*

Lors de la mise en service du Mirage 2000D, la hauteur de consigne limite d'utilisation du SDT était fixée par l'armée de l'air à une hauteur minimale de 500 pieds. Cette limitation était cohérente avec une mission considérée comme complexe, non tolérante à l'erreur et nécessitant un entraînement régulier. Cette limitation a été par la suite abaissée à une hauteur de 300 pieds. Or, en même temps, le niveau d'entraînement a diminué et les missions se sont densifiées.

**La baisse de technicité des pilotes de la 3<sup>e</sup> EC, liée au manque d'entraînement, ne permet plus d'assurer le même niveau de sécurité en SDT que par le passé, notamment aux hauteurs les plus basses du SDT et par les conditions météorologiques les plus défavorables.**

###### *Encadrement de la mission*

La mission étant considérée comme simple, tous les modes de SDT et une hauteur de vol de 300 pieds ont été autorisés. L'objectif était de laisser le choix à l'équipage.

Cependant, les jeunes équipages ont tendance à vouloir s'entraîner aux limites, notamment pour acquérir le plus rapidement possible les compétences. Pour cela, leur plan d'action lors des missions d'entraînement correspond généralement au pilotage le plus difficile.

Or, dans les conditions actuelles (entraînement limité et irrégulier, absence de vol de murissement), les équipages ne peuvent pas acquérir le recul nécessaire pour évaluer leur niveau de maîtrise.

**L'absence de limitation des modes SDT a indirectement incité l'équipage à réaliser sa mission d'entraînement dans les conditions techniques les plus difficiles.**

### *Choix de la mission de reprise*

Il s'agit d'un vol de reprise pour un équipage encore peu expérimenté sur cette mission, et tout particulièrement pour le pilote qui est qualifié depuis un an et demi et qui ne l'a réalisée que 7 fois depuis et probablement jamais dans de telles conditions météorologiques. De plus, les deux membres d'équipage n'ont pas volé en métropole - si ce n'est le pilote le 8 janvier 2019 - depuis leur départ en OPEX (août 2018 pour le navigateur et octobre 2018 pour le pilote).

Ainsi, si l'équipage est qualifié pour cette mission, son expérience récente en SDT, en zone vallonnée et avec des conditions météorologiques défavorables est faible. Même si la mission est jugée simple compte tenu de l'absence de thème tactique, elle reste techniquement difficile car elle demande des ressources cognitives importantes. Dans sa forme, sans limitation de mode ou de hauteur de vol, elle présentait pour une mission de reprise une véritable difficulté.

**Les caractéristiques de cette mission, exigeante pour un vol de reprise, représentent une véritable difficulté pour cet équipage spécifiquement.**

### **Choix du plan d'action par l'équipage**

Les paramètres de vol recueillis grâce aux radars semblent bien indiquer que l'équipage avait la volonté de réaliser la mission dans les conditions les plus difficiles (mode auto radar et TBA avec une hauteur de consigne de 300 pieds).

Les conditions météorologiques défavorables n'ont pas été perçues comme un facteur de risque pour l'équipage. Il est probable que celui-ci ait considéré que le risque lié à la perte de références visuelles extérieures était maîtrisé par le système. En outre, leur présence dans le réseau RTBA a pu renforcer ce sentiment de protection car, à l'intérieur de ce réseau, le risque de conflit avec un autre aéronef est théoriquement nul.

De plus, tous deux ont été très bien évalués durant leur OPEX, ce qui renforce leur confiance.

Enfin, avant ce vol de reprise, le pilote et le NOSA ont profité d'un créneau au simulateur qu'ils avaient en commun le lundi pour retravailler le SDT, et ainsi être prêts pour la mission du mercredi. Cette séance de simulation s'est bien passée.

Ainsi, le choix d'exécuter le plan d'action comportant les risques les plus élevés découle d'une sous-évaluation du niveau de risque liée à :

- un excès de confiance envers les automatismes du système ;
- l'environnement protecteur du RTBA ;
- la croyance de l'équipage vis-à-vis de ses compétences.

Pensant maîtriser les différents aspects de sa mission, l'équipage n'a pas eu le sentiment de prendre un risque.

**La sous-évaluation du risque par l'équipage l'a conduit à choisir le plan d'action le plus risqué pour réaliser cette mission.**

## Synthèse

La complexité de la mission de reprise a été jugée par rapport à son niveau tactique et non par rapport à son niveau de technicité du pilotage qui requiert de nombreuses ressources cognitives.

La sous-évaluation du risque à l'origine du défaut de supervision et de l'excès de confiance de l'équipage a contribué à l'évènement.

### 2.3.2.5. Absence de renoncement de l'équipage

Malgré le manque d'entraînement de l'équipage aux missions de SDT en IMC et malgré la survenue d'un premier dégagement peu de temps avant la passe de tir, l'équipage n'a pas remis en question son plan d'action initial. À l'inverse, l'équipage expérimenté de Coca 26 a renoncé à son plan d'action initial et est passé en mode fichier après avoir effectué un mauvais réglage de la « SelH ».

L'équipage de Coca 27 a été confronté à deux enjeux simultanés :

- la réussite de la passe de tir SCALP en SDT à une hauteur de consigne de 300 pieds qui constituait l'objectif opérationnel de la mission ;
- le maintien d'un niveau de sécurité qu'il estimait adapté à sa compétence.

Face à ces deux enjeux, l'équipage a tâché d'adopter un compromis, lequel a pu être influencé par trois facteurs :

#### **Pression liée au manque d'entraînement**

Afin de rentabiliser les missions dans le contexte d'un nombre d'heures de vol contraint, les équipages s'entraînent généralement au maximum de leur savoir et de ce qui est autorisé, dans le but d'acquérir et de maîtriser au plus tôt tout le domaine de vol. Cette culture est partagée par tous au sein de l'escadre. Le risque est que les équipages encore peu expérimentés ne soient pas en mesure d'évaluer les limites de leur propre compétence.

#### **Pression liée au jugement d'autrui**

Le pilote de Coca 26 est un instructeur qui a participé aux qualifications des deux membres d'équipage de Coca 27 et qui doit continuer à y participer dans le futur. La perspective peu acceptable d'un renoncement devant le pilote de Coca 26 qui a effectué la même mission cinq minutes devant Coca 27, et a ainsi démontré la faisabilité de cette mission, a pu conduire l'équipage de Coca 27 à poursuivre la mission.

#### **Pression liée à la motivation personnelle**

L'équipage est particulièrement motivé pour réussir cette mission. Le lundi, lors d'une séance de simulation prévue initialement pour le travail sur les procédures de pannes, il a demandé à réaliser du SDT afin de se préparer à la réussite de cette mission. Par ailleurs, les deux membres de l'équipage reviennent tous deux d'une opération extérieure pendant laquelle ils ont été très bien notés. C'est leur premier vol d'entraînement depuis leur retour, ce qui peut conduire à un excès de motivation pour réussir cette mission comme ils ont réussi leur OPEX. Or, plus le niveau d'engagement des individus dans la poursuite d'un objectif est élevé, plus il leur est difficile de renoncer à cet objectif.

La volonté de s'entraîner aux situations les plus difficiles, la perspective du jugement d'un instructeur expérimenté et sa motivation personnelle à réussir ont conduit l'équipage à ne pas remettre en question son plan d'action initial malgré l'augmentation de la difficulté.

### 3. CONCLUSION

L'évènement est un *controlled flight into terrain* (CFIT) ou collision avec le sol en vol contrôlé. Ce type d'accident caractérise les événements pour lesquels l'équipage contrôle l'aéronef (qui ne sort pas de son domaine de vol) mais possède une représentation erronée de sa trajectoire dans le plan vertical et/ou horizontal, entraînant la collision avec le sol.

Cet évènement ne remet pas en cause la fiabilité de l'appareil ni de son système de SDT.

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

Un équipage composé d'un PCO et d'un SCN réalise un vol d'AST 4 dans le RTBA. Au cours de ce vol, une simulation de passe de tir SCALP est programmée. Un autre aéronef réalise la même mission cinq minutes avant eux mais de façon indépendante. Le plafond et la visibilité sont réduits, le vol en TBA est réalisé en limite de couche nuageuse, majoritairement en IMC.

Après 10 minutes de vol dans le RTBA, l'aéronef percute le sol à grande vitesse. L'enregistreur de vol est retrouvé détruit tandis que la cassette Hi8 enregistrant la VTH n'a pas été retrouvée.

L'expertise radar, confirmée par une reconstitution au simulateur de DGA EV, a permis de retracer l'intégralité du vol. L'analyse montre que 3 minutes avant l'évènement, Coca 27 subit un dégageement en automatique. Il reprend le vol en TBA rapidement afin d'être en mesure de réaliser la passe de tir SCALP et ainsi rentabiliser la mission d'entraînement. Cette reprise de SDT intervient 1 minute et 20 secondes avant le lieu prévu pour la passe de tir. L'équipage aborde ainsi cette manœuvre avec une pression temporelle importante et une forte charge cognitive. Au PLA, il vire à droite pour effectuer l'évasive et repasse en mode auto radar.

C'est à ce moment que l'équipage subit un second dégageement. Durant cette manœuvre, il vire à droite pour rester dans le RTBA mais il ne stabilise pas à l'altitude de sécurité et poursuit son vol, avec un fort piquer, jusqu'au sol. La prise de conscience trop tardive de cette position inusuelle ne lui a permis ni d'effectuer une sortie de piquer ni de s'éjecter.

#### 3.2. Causes de l'évènement

La cause la plus probable de l'absence de stabilisation à l'altitude de sécurité est une désorientation spatiale non reconnue de l'équipage. Elle peut être expliquée par :

- une illusion perceptive ;
- une conscience erronée de la situation ;
- une éventuelle absence ponctuelle de surveillance du navigateur ou une inefficacité à avertir le pilote (temps trop court, surdité inattentionnelle ou incompréhension du pilote).

Néanmoins, compte tenu de la destruction des enregistreurs de vol et de l'absence d'éléments probants issus des expertises, d'autres scénarios ne peuvent être exclus.

D'autres causes ont également été identifiées et ont contribué à l'évènement :

- un manque d'entraînement organique au sein de la 3<sup>e</sup> EC ;
- un manque d'entraînement de l'équipage à la mission de SDT ;
- une impossibilité de simuler la passe de tir SCALP au simulateur de vol ;
- une difficulté pour l'armée de l'air à apporter des solutions immédiates aux problématiques complexes de capacités d'entraînement remontées par le commandement local.

Ce manque d'entraînement a conduit à une recherche d'optimisation à chaque vol. Les entraînements sont devenus, au fil des années, de plus en plus denses. Cette densité est devenue la norme pour les équipages qui n'ont connu que cette situation. Le SDT n'est *de facto* aujourd'hui plus perçu comme le but de l'entraînement mais comme le simple prélude à un mode d'action opérationnel, qui requiert donc moins l'attention.

Cette migration des pratiques a conduit à une sous-estimation des risques liés à ce type de mission et à un défaut de supervision. Cette mission a alors été proposée en vol de reprise, malgré sa complexité et la faible expérience de l'équipage.

Enfin, l'équipage n'a probablement pas été en mesure de renoncer à son projet d'action initial pendant le vol malgré un premier dégagement peu de temps avant la passe de tir, sous l'effet d'une triple pression liée :

- à la nécessité d'optimiser l'entraînement ;
- à la crainte du jugement d'un autre pilote expérimenté ;
- à une forte motivation personnelle.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

#### 4.1.1. Déficit d'entraînement organique

La 3<sup>e</sup> EC connaît un déficit d'entraînement organique depuis plusieurs années alors que s'est élargi le spectre de ses missions et de ses engagements. Ce déficit est préjudiciable à l'acquisition et à la consolidation des compétences.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de renforcer l'entraînement organique de la 3<sup>e</sup> EC.**

**R1 – [A-2019-01-A]**

#### 4.1.2. Entraînement aux missions de SDT

La mission de SDT est une mission à risque élevé et techniquement complexe. La diminution et l'optimisation de l'entraînement au SDT est à l'origine d'une migration des pratiques ayant conduit à une sous-évaluation du risque. Celui-ci est évalué par rapport à la densité tactique et non plus par rapport à la complexité technique. Les missions d'entraînement sans thème tactique sont alors jugées simples et compatibles avec une mission de reprise.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de réévaluer le niveau de risque que représentent les missions de SDT afin de revoir la progressivité et la régularité de cet entraînement.**

**R2 – [A-2019-01-A]**

#### 4.1.3. Suivi personnalisé de l'entraînement au SDT

L'entraînement au SDT ne fait pas l'objet d'un suivi personnalisé. Les commandements des escadrons ne peuvent donc pas connaître précisément le niveau d'entraînement de chacun de leurs pilotes et de leurs NOSA, ne permettant pas d'adapter les missions.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air d'assurer un suivi personnalisé de l'entraînement au SDT, ainsi qu'à d'éventuelles autres compétences qu'elle jugera fondamentales, afin de permettre au commandement d'adapter la complexité des missions aux progressions individuelles.**

**R3 – [A-2019-01-A]**

#### 4.1.4. Entraînement au simulateur ou à l'entraîneur de vol

Les deux membres d'équipage n'avaient que peu ou pas volé depuis leur retour d'opération extérieure. À leur demande, ils ont effectué une révision des procédures de SDT à l'occasion d'une séance d'entraînement aux procédures d'urgence au simulateur. Cet entraînement n'est plus obligatoire mais sa réalisation est significative du besoin ressenti par l'équipage de bénéficier d'une telle séquence.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air d'étudier la pertinence d'imposer à nouveau la réalisation d'une mission de SDT au simulateur ou à l'entraîneur de vol préalablement à sa réalisation en vol pour les membres d'équipage n'ayant pas effectué ce type de mission depuis une durée à définir.**

**R4 – [A-2019-01-A]**

#### 4.1.5. Rénovation du simulateur

Le simulateur de vol actuellement utilisé par la 3<sup>e</sup> EC ne permet pas de simuler l'intégralité des missions. Ceci est préjudiciable à l'acquisition et au renforcement des compétences des équipages. Ce simulateur est en cours de rénovation.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de poursuivre la rénovation du simulateur et de s'assurer de la possibilité d'y simuler toutes les missions.**

**R5 – [A-2019-01-A]**

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

### 4.2.1. Renforcement de l'enregistreur de vol

L'enregistreur des paramètres de vol du Mirage 2000D est régulièrement mis en défaut lors de collision avec le sol à forte énergie. Or, la récupération des informations est essentielle à la compréhension de l'évènement et la raison d'être d'un enregistreur de vol est de les conserver en dépit d'un éventuel accident.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air, en liaison avec Thalès, d'étudier la possibilité d'équiper les Mirage 2000D d'un enregistreur de vol renforcé.**

**R6 – [A-2019-01-A]**

#### 4.2.2. Dialogue entre les équipes SAR et SATER

Le débriefing de l'opération SAR réalisée par le CCS montre qu'il y a eu un manque de coordination entre les équipes menant l'opération SAR et celles menant l'opération SATER.

En conséquence, le BEA-É recommande :

au CCS d'étudier le moyen d'assurer une coordination efficace avec les équipes au sol lors des opérations de SAR.

R7 – [A-2019-01-A]

PAS DE TEXTE

## ANNEXE

### ILLUSIONS PERCEPTIVES

Extrait du rapport de l'IRBA

Les conditions météorologiques laissent penser que la visibilité était réduite lors du vol. Ces conditions associées aux stimulations vestibulaires accompagnant une trajectoire telle que celle observée lors du vol de reconstitution sont propices à l'apparition d'illusions sensorielles d'origine vestibulaire. L'appareil vestibulaire, situé dans l'oreille interne, est un détecteur de mouvements et d'accélération de la tête. Les informations qu'il code aident l'être humain à déterminer sa position et son orientation dans l'espace. Or, si cet appareil vestibulaire est adapté lorsqu'on se déplace à la surface de la Terre, il n'est pas adapté aux conditions particulières du vol.

1. Lors de la deuxième évolution verticale non planifiée, le virage en montée met le pilote dans des conditions favorables à l'apparition d'une illusion de Coriolis. L'illusion de Coriolis apparaît lorsqu'un pilote exécute un mouvement de tête dans un autre plan que le plan de rotation de son aéronef (pour porter son attention sur des instruments par exemple). Les canaux semi-circulaires de son appareil vestibulaire ne sont pas adaptés pour coder de manière appropriée ces événements. En conséquence, la résultante de ces mouvements se traduit par une sensation erronée de culbute soudaine et puissante. Si l'aéronef évolue à grande vitesse, comme c'est le cas ici, même un tout petit mouvement de la tête peut mener à l'apparition de l'illusion. Le pilote perçoit alors un mouvement de l'aéronef qui n'a pas réellement lieu. Cela peut entraîner une confusion et la mise en place de manœuvres non adaptées à la position et au mouvement réels de l'aéronef.

2. De plus, lors de cette deuxième évolution verticale non planifiée, l'avion suit une trajectoire courbe en accélérant. Ce type de trajectoire peut mener à l'apparition d'une illusion somato-gravique d'inversion. En effet, dans ces conditions, les organes otolithiques de l'appareil vestibulaire détectent la résultante des forces d'inertie, centrifuge et de pesanteur comme orientée vers le haut et en arrière. Cela donne l'illusion au pilote de se retrouver en position inversée avec la tête en bas. En général, la réaction à cette perception erronée est de baisser le nez de l'aéronef de manière inappropriée, ce qui mène à la perte de contrôle de la machine.