



Abordages

1989-1999

ETUDE

Table des matières

GENERALITES	3
1- PRESENTATION CHIFFREE	4
1.1 Répartition par année	4
1.2 Renseignements concernant les pilotes	4
1.2.1 Age	4
1.2.2 Licences détenues	5
1.2.3 Expérience	5
1.2.4 Expérience récente	5
1.2.5 Durée du vol	6
1.2.6 Vigilance	6
1.3 Renseignements concernant l'environnement	7
1.3.1 Conditions météorologiques	7
1.3.2 Modèles d'aéronefs	7
1.3.3 Altitude des abordages	8
1.3.4 Lieux d'occurrence et phases de vol	8
1.3.5 Espaces aériens	8
1.3.6 Utilisation de la radio	9
2 - ANALYSE DES ACCIDENTS	10
2.1 Règle voir et éviter	10
2.1.1 Rappel sur le système visuel et ses limites	10
2.1.2 Les caractéristiques des collisions	14
2.2 Connaissance de la réglementation	17
2.3 Utilisation des radiocommunications	17
2.4 Utilisation du transpondeur	18
2.5 Les abordages à proximité des aérodromes	18
3 - CONCLUSION	20
4 - REDUIRE LE RISQUE D'ABORDAGE	20
LISTE DES ABORDAGES	22

GENERALITES

Cette étude concerne les abordages survenus au-dessus du territoire français entre 1989 et 1999 et qui ont impliqué au moins un avion civil.

Les abordages lors de vol en patrouille ou en présentation sont exclus du champ de l'étude car dans ces cas les pilotes avaient connaissance de la position des autres aéronefs. Les abordages entre planeurs ou impliquant un parachutiste n'ont pas non plus été pris en compte.

Du premier janvier 1989 au 30 juin 1999, dix-sept abordages en vol ont été dénombrés.

Ces abordages ont fait au total quarante-deux morts et neuf blessés. Vingt-sept appareils ont été détruits sur les trente-quatre impliqués.

Dans trois cas les deux appareils concernés ont pu être ramenés par les pilotes et dans deux autres cas un des avion est resté pilotable jusqu'à l'atterrissage.

Parmi les dix-sept cas étudiés :

- trois concernent des abordages entre un avion de transport public et un avion léger (deux cas) ou un planeur (un cas),
- trois concernent un abordage entre un avion léger et un planeur,
- onze se sont produits entre avions légers,
- neuf vols étaient des vols d'instruction, avec instructeur à bord,
- deux abordages se sont produits alors qu'un des deux appareils était en vol aux instruments.

1- PRESENTATION CHIFFREE

1.1 Répartition par année

En moyenne, il s'est produit 1,5 abordage par an.

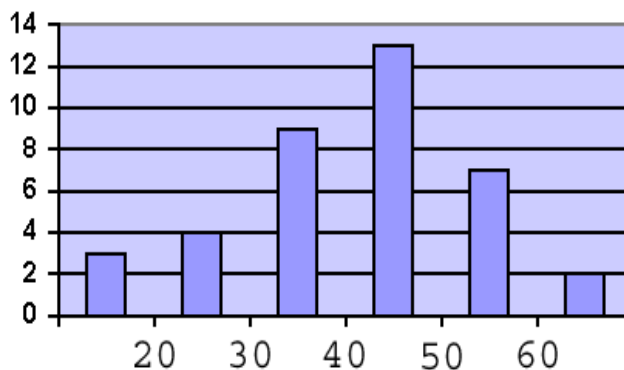
année	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
nombre d'abordages	3	2	1	2	4	0	2	0	1	1	1

1.2 Renseignements concernant les pilotes

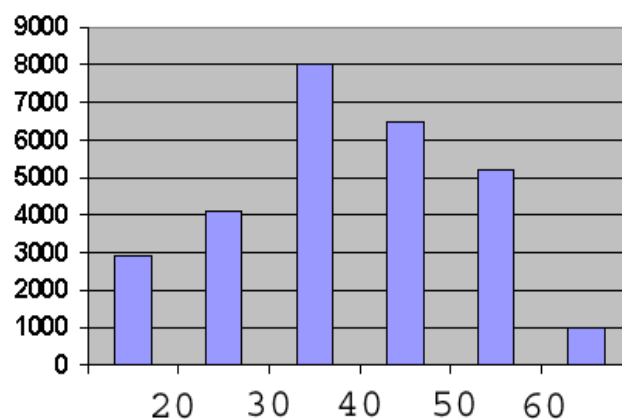
1.2.1 Age

L'histogramme ci-contre présente la répartition de l'âge des pilotes, tous ceux présents en poste étant pris en compte.

On constate que toutes les tranches d'âge sont concernées par les collisions en vol, avec un accroissement jusqu'à la tranche 40-50 ans.



A titre indicatif le second histogramme ci-contre montre la répartition de la population des pilotes privés en 1997. Les deux histogrammes ont presque le même profil, mais dans la tranche 40-50 ans où il y a moins de pilotes licenciés, le nombre de pilotes impliqués dans des abordages est plus important.

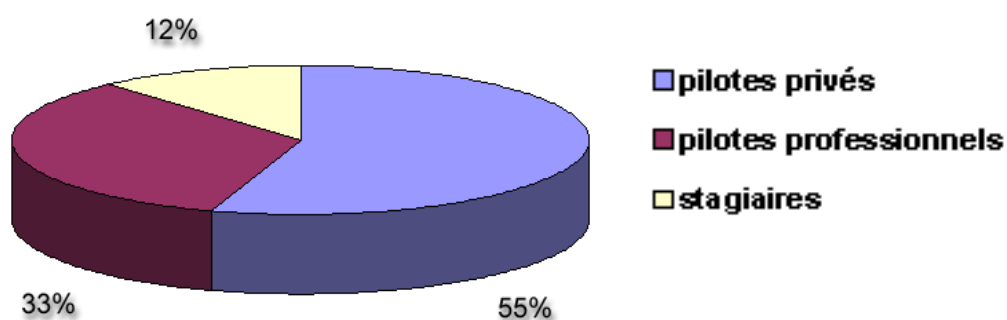


Remarque : l'analyse s'effectuant sur des petits nombres, et en l'absence d'information quant à l'activité exacte des pilotes de chaque tranche, il paraît difficile, pour ne pas dire non pertinent, d'essayer d'interpréter les constatations qui précèdent.

1.2.2 Licences détenues

Le graphe ci-dessous représente la répartition des licences détenues par les pilotes présents en poste lors des divers abordages étudiés.

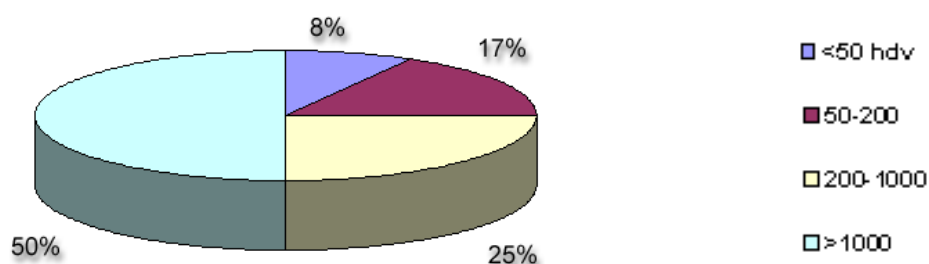
Les collisions en vol concernent tous les pilotes, quelles que soient leurs licences. La portion majoritaire est constituée de pilotes privés. Les pilotes volant à titre professionnel sont d'une part les pilotes des trois appareils de transport impliqués, d'autre part des instructeurs.



1.2.3 Expérience

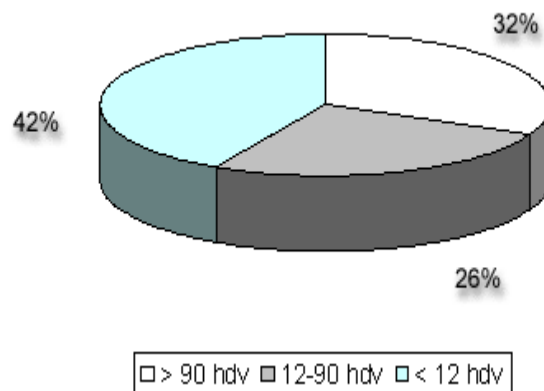
Le graphe ci-contre donne l'expérience des pilotes impliqués dans des abordages, en heures de vol retenu pour chaque appareil correspondant aux heures de vol expérimenté assurant une fonction aux commandes.

On constate que tous les pilotes, quelle que soit leur expérience, sont concernés par les abordages, avec un nombre important de pilotes ayant une expérience supérieure à 1 000 heures de vol (50 %).



1.2.4 Expérience récente

On peut étudier l'expérience récente, sur les trois derniers mois, du commandant de bord. La borne de quatre-vingt-dix heures correspond aux pilotes professionnels ou aux instructeurs. La borne de douze heures correspond plutôt aux pilotes privés volant environ une heure par semaine. Dans sept cas l'expérience du commandant de bord était très faible (environ une heure par mois).



Le manque d'expérience récente, qui diminue la disponibilité du pilote dans l'avion, est certainement un facteur aggravant. Toutefois il convient de remarquer que les pilotes volant régulièrement ne sont pas non plus protégés contre les abordages.

1.2.5 Durée du vol

Au moment de l'abordage, 56 % des avions avaient volé moins de trente minutes, 35 % avaient volé entre une demi-heure et deux heures et 9 % plus de deux heures.

1.2.6 Vigilance

On retrouve dans la plupart des événements des facteurs pouvant entraîner une baisse de vigilance :

- Dans dix-sept avions concernés il y avait deux pilotes à bord. En écartant les trois appareils de transport public pour lesquels il existe un partage des tâches au sein de l'équipage, on peut penser que pour les autres vols la vigilance de chaque pilote a pu être relâchée du fait de la présence du deuxième pilote, chacun se reposant sur la surveillance hypothétique assurée par l'autre.
- Un rapport d'accident fait état d'une grande confiance des pilotes en l'information de trafic fournie par le contrôle aérien. Il faut rappeler que cette information de trafic n'est, comme son nom l'indique, qu'une information sur le trafic connu par le contrôleur et en aucun cas un espacement avec les autres appareils.
- Dans plusieurs cas les appareils arrivaient sur l'aérodrome ou dans une zone de fort trafic et l'attention des pilotes semblait focalisée sur la recherche de la piste ou d'une fréquence radio.

A ce stade de l'étude on peut tirer quelques enseignements :

- **Tous les pilotes peuvent se trouver confrontés à un risque d'abordage, quels que soient leur âge, leurs qualifications ou leur expérience.**
- **Bien que l'expérience récente ne soit pas une protection contre les abordages, le manque d'entraînement est certainement un facteur aggravant.**
- **Les vols à plusieurs pilotes ou les vols en instruction peuvent inciter à un report de la vigilance vers l'autre pilote.**
- **L'augmentation de charge de travail peut entraîner une baisse de la surveillance extérieure.**

1.3 Renseignements concernant l'environnement

1.3.1 Conditions météorologiques

Tous les abordages étudiés se sont produits de jour, alors que les conditions météorologiques étaient propices au vol à vue. Il faut toutefois noter deux cas pour lesquels des pilotes ont rapporté des conditions de visibilité médiocres (fin de journée et particules en suspension). Pour six abordages un des pilotes au moins avait le soleil de face. Dans trois cas les conditions de visibilité en l'air n'ont pu être déterminées.

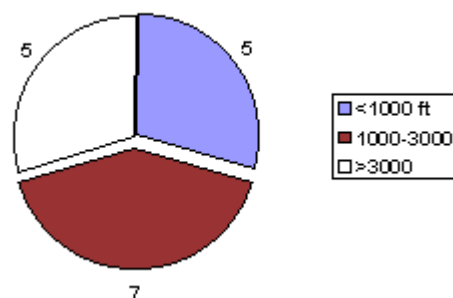
1.3.2 Modèles d'aéronefs

Six des dix-sept accidents ont eu lieu entre un avion à aile haute et un avion à aile basse. Dans trois de ces cas la position relative des ailes (ailes hautes/basses) a pu constituer une gêne pour les pilotes. Il est difficile d'en tirer une conclusion générale, mais il est sûr que les angles morts générés par l'aile, quelle que soit sa position, constituent une gêne importante.

1.3.3 Altitude des abordages

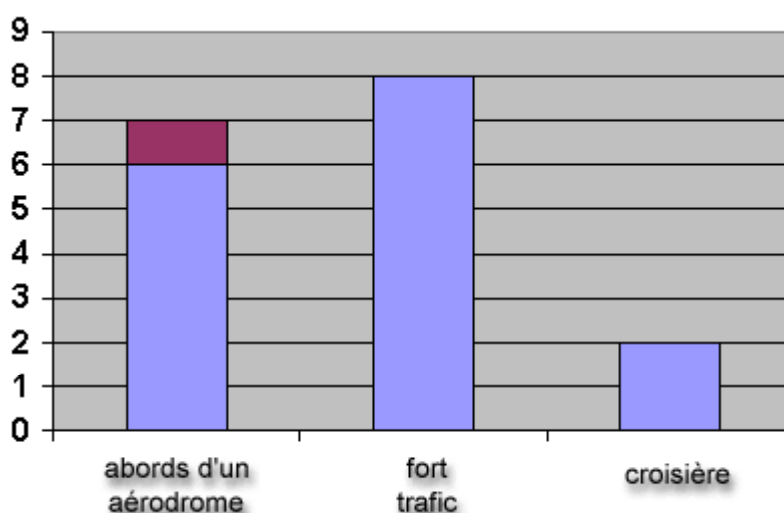
Les abordages recensés se sont produits à des altitudes allant de 150 à 8 000 pieds.

On constate sur le graphique ci-contre que ces accidents se sont principalement produits en dessous de 3 000 pieds. C'est dans cette tranche d'altitude que l'on rencontre le plus d'avions évoluant en vol à vue. Elle correspond en effet aux départs, aux arrivées, aux circuits d'aérodrome, ainsi qu'à un grand nombre de vols en croisière VFR.



1.3.4 Lieux d'occurrence et phases de vol

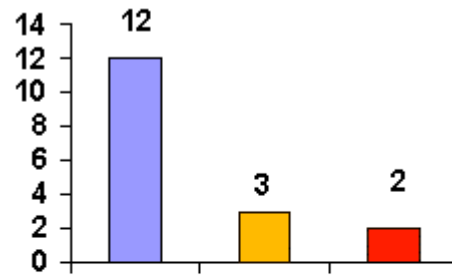
Sept abordages se sont produits aux abords d'un aérodrome. Dans six cas, un des deux avions était en phase d'intégration. Le septième accident s'est produit sur l'axe de décollage. Un abordage s'est produit sur un aérodrome contrôlé. L'auto information était la règle sur les autres aérodromes.



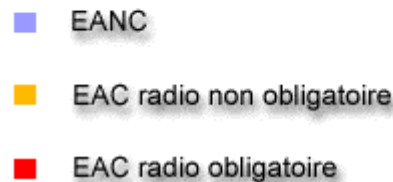
Huit abordages ont eu lieu dans des zones où la concentration de trafic est importante (local d'aérodrome, verticale d'un moyen de radionavigation, forte fréquentation de planeurs). Seuls deux abordages ont eu lieu en croisière.

1.3.5 Espaces aériens

Douze abordages se sont produits en espace aérien non contrôlé (EANC). Trois ont eu lieu dans des espaces aériens contrôlés (EAC) dans lesquels le contact radio n'est pas obligatoire. Enfin il y a eu deux accidents dans des espaces aériens contrôlés où le contact radio est obligatoire.



Dans trois cas, un des deux appareils passait d'un espace aérien contrôlé à un espace aérien non contrôlé.



1.3.6 Utilisation de la radio

Parmi les trente-quatre appareils impliqués, un seul ne disposait pas d'équipement de radiocommunication.

On a vu que trois abordages ont eu lieu dans une zone contrôlée dans laquelle le contact radio était obligatoire (deux en espace aérien contrôlé, le troisième sur un aérodrome contrôlé situé en espace aérien non contrôlé). Deux autres ont eu lieu sur des aérodromes non contrôlés réservés aux avions munis de radio. Les défaillances proviennent :

- de brouillages, d'encombrements de la fréquence ou de procédures radio mal assimilées,
- de l'absence de contact avec l'organisme de circulation aérienne ou sur la fréquence d'auto information,
- de l'incompréhension entre le pilote et le contrôleur ou entre les pilotes.

Quatre autres accidents ont eu lieu sur des aérodromes où la radio n'était pas obligatoire. Trois se sont produits lors de la phase d'intégration. Pour deux d'entre eux un des pilotes n'utilisait pas sa radio. Pour le troisième accident un des deux appareils n'était pas muni de radio.

Tous ces abordages se sont produits de jour, par beau temps, le plus souvent à des altitudes peu élevées et dans des zones à forte concentration de trafic. La plupart ont eu lieu en espace aérien non contrôlé ou sur des aérodromes non contrôlés. Enfin, l'utilisation de la radio n'était pas optimale.

2 - ANALYSE DES ACCIDENTS

2.1 Règle voir et éviter

Les normes et pratiques recommandées établies dans l'Annexe 2 à la Convention de Chicago, reprises dans la réglementation nationale, sont appliquées dans l'espace aérien français. Une de ces règles précise :

« il importe que la vigilance exercée en vue de déceler les risques d'abordages ne soit pas relâchée à bord des aéronefs en vol, quels que soient le type de vol et la classe d'espace dans lequel l'aéronef évolue, et au cours des évolutions sur l'aire de mouvement de l'aérodrome. »

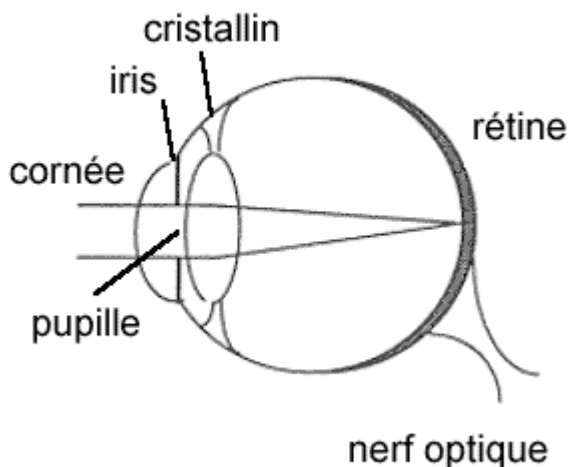
Dans certaines classes d'espace, le contrôle aérien peut donner des informations de trafic et des espacements pour prévenir les abordages, cependant voir et éviter reste la règle de base, en vol à vue comme en vol aux instruments. Cette règle n'a manifestement pas donné satisfaction dans les dix-sept cas étudiés. Plusieurs facteurs en ont entravé le bon fonctionnement.

2.1.1 Rappel sur le système visuel et ses limites

La perception visuelle chez l'homme possède des caractéristiques particulières. Il est intéressant de connaître la structure et le fonctionnement de l'œil ainsi que ses interactions avec le cerveau pour analyser les possibilités et les limites de la vision.

2.1.1.1 Description de l'œil

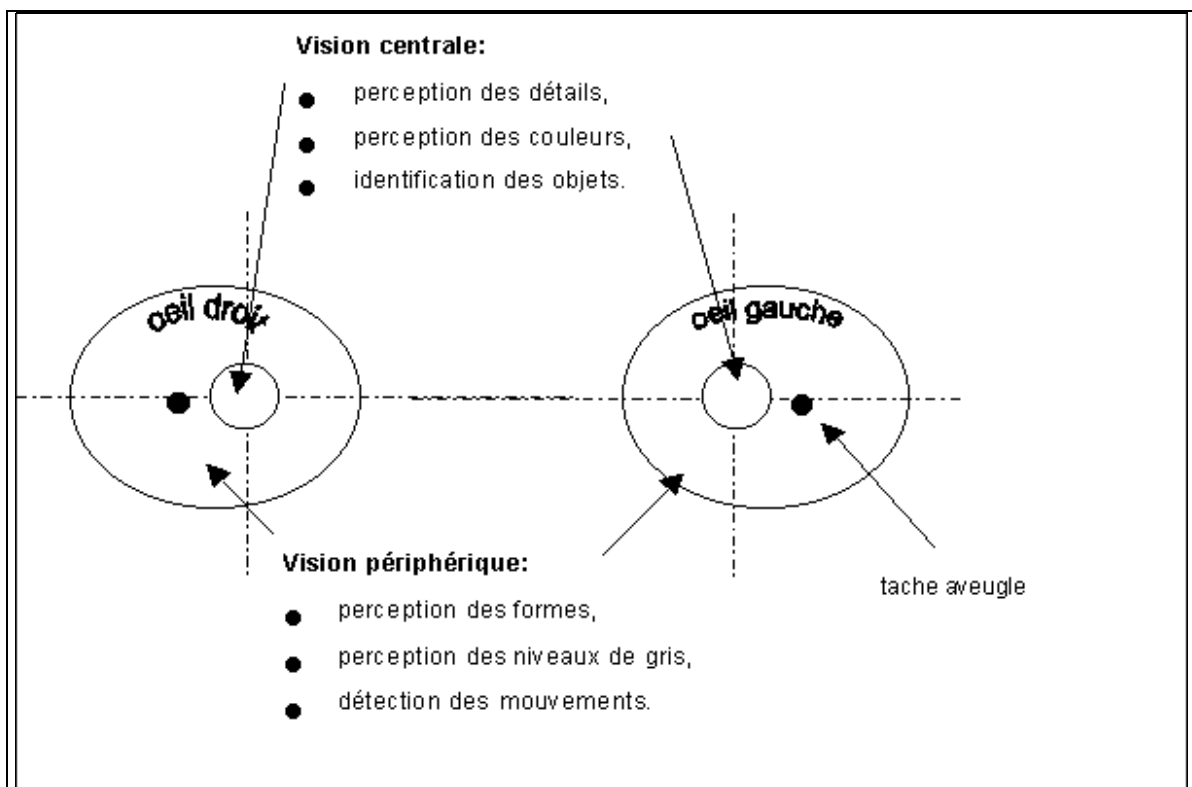
La partie avant de l'œil s'appelle la **cornée**. C'est un tissu transparent protégeant le globe oculaire. L'**iris** est la partie colorée de l'œil. Au centre de l'iris se trouve la **pupille** qui permet à la lumière de passer dans l'œil. A l'arrière de l'iris et de la pupille se trouve le **cristallin** qui se déforme sous l'action de muscles situés à la périphérie. La déformation du cristallin permet de faire la mise au point, c'est-à-dire la formation d'une image nette quelle que soit la distance de l'objet, sur la **rétine**.



La rétine contient plusieurs millions de cellules photosensibles de deux sortes :

- les **cônes**, essentiellement dans la partie centrale de la rétine (la **fovéa**), qui sont stimulés par les fortes intensités lumineuses et sont sensibles aux couleurs. C'est en vision centrale que les détails les plus fins seront perçus.
- les **bâtonnets**, beaucoup plus nombreux et essentiellement répartis en périphérie, qui sont sensibles aux faibles intensités lumineuses, aux formes et aux mouvements.

Alors que la vision périphérique ne permet que la détection d'objets fortement contrastés et en mouvement, la vision centrale assure en plus l'identification.



L'œil compte environ 125 millions de cellules photosensibles (120 millions de bâtonnets, 5 millions de cônes). Les informations en provenance de ces cellules sont acheminées vers le cerveau via le **nerf optique**. Ce nerf optique est constitué d'environ un million de fibres nerveuses. Il y a donc un travail de codage de l'information qui s'effectue avant l'envoi vers le cerveau. Le nerf optique est relié à la rétine. A l'endroit même de cette liaison, il n'y a pas de cellule photosensible. Cette zone est appelée la **tache aveugle**. Elle est centrée, selon les individus, entre 10 et 16° à gauche de l'axe optique pour l'œil gauche et couvre un secteur angulaire de 3° environ. L'œil droit possède par symétrie la

même propriété. Dans chacune de ces zones aucune détection n'est possible en vision monoculaire. Pour compenser l'absence de détection au niveau de la tache aveugle d'un œil, le cerveau utilise des informations recueillies par l'autre œil.

Pour illustrer le phénomène lié à la tache aveugle le lecteur pourra se reporter au schéma de la page suivante. Il devra se couvrir l'œil gauche, fixer la croix avec l'œil droit et rapprocher le schéma jusqu'à ce que l'avion disparaisse.



2.1.1.2 Mouvements de l'œil

L'œil se déplace de deux façons différentes :

- la **poursuite** : l'œil suit une cible et se déplace de façon continue avec cette cible.
- la **saccade** : l'œil effectue des mouvements à 200°/s environ et le cerveau inhibe l'analyse visuelle pendant ce temps. La mise au point s'effectue après l'arrêt du mouvement. Lorsque l'œil recherche une cible éloignée, il utilise la vision centrale. A grande distance les espaces laissés sans détection, situés entre deux saccades, sont très importants. Lorsque la cible est plus proche elle pourra être détectée en vision périphérique.

2.1.1.3 La myopie spatiale

Lorsque l'œil ne reçoit aucun stimulus, ce qui est le cas en air clair par exemple, il effectue une mise au point à sa position de repos qui se situe entre 1 et 2 mètres, entravant ainsi la détection de cibles potentielles éloignées. Ce phénomène s'appelle la **myopie spatiale**.

2.1.1.4 Le contraste et l'acuité visuelle

Le **contraste** perçu entre un objet et le fond sur lequel il apparaît est lié à la différence entre la luminance de l'objet (ou la quantité de lumière émise par unité de surface de l'objet) et la luminance du fond.

L'**acuité visuelle**, qui détermine la qualité d'une image transmise au cerveau par l'œil peut être assimilée au pouvoir de séparation d'un système optique. L'acuité visuelle vaut 10/10 si l'œil peut séparer deux points vus sous un angle d'une minute d'arc, et 1/10 si l'œil ne distingue ce détail que sous un angle de 10 minutes. L'acuité visuelle diminue lorsque l'on s'éloigne du centre du champ visuel. Elle est une fonction croissante du contraste. Par exemple un planeur blanc dans un ciel laiteux sera difficile à distinguer.

La tache aveugle, le mouvement saccadé de l'œil, la myopie spatiale et la dégradation des performances en vision périphérique constituent des obstacles à la détection de cibles ou de conflits potentiels. De plus, bien que l'acuité visuelle des pilotes soit contrôlée régulièrement, les capacités de l'œil se dégradent avec l'âge, l'environnement et la fatigue.

2.1.1.5 Étapes psycho-visuelles

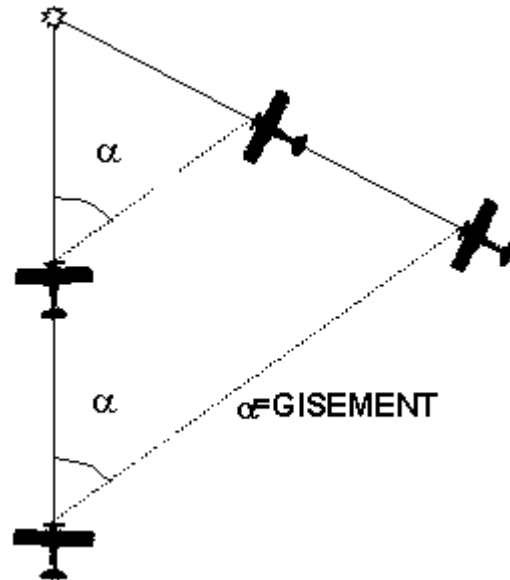
Les mécanismes centraux de la perception et de la mémorisation sont sollicités pour la reconnaissance de forme et de trajectoire d'un aéronef.

La durée de traitement de l'information visuelle est de l'ordre de la demi-seconde pour la transmission du message visuel aux structures centrales et de deux secondes et demie pour que le cerveau effectue les opérations de reconnaissance. Il en résulte une latence de l'ordre de trois secondes pour qu'un pilote puisse identifier un objet comme étant un aéronef à partir du moment où celui-ci devient perceptible.

2.1.2 Les caractéristiques des collisions

2.1.2.1 Rapprochement à gisement constant

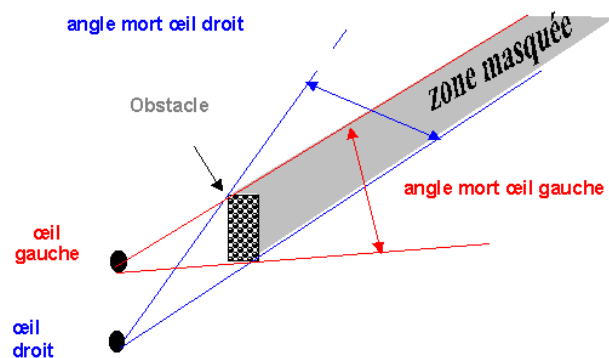
Les pilotes de deux appareils volant à vitesse et altitude constantes et ayant des trajectoires convergentes verront chacun l'autre appareil à gisement constant. En d'autres termes, le trafic convergent sera immobile pour le pilote. Cette immobilité apparente est pénalisante car la détection se fait très souvent en vision périphérique et, on l'a vu, la vision périphérique est surtout stimulée par le mouvement.



2.1.2.2 Les angles morts

La vision binoculaire transmet au cerveau deux images en provenance des deux yeux. Pour un objet placé à l'infini les deux images sont semblables. Pour un objet rapproché (de l'ordre du mètre) il est observé par les deux yeux sous des angles différents. Ce phénomène permet d'appréhender le relief.

Un angle mort correspond à une zone de l'environnement masquée par un objet et donc non vue. Ainsi pour chacun des deux yeux qui accommodent à l'infini, un objet situé à proximité peut constituer un angle mort différent. La superposition de ces deux zones donne une zone masquée, qui peut selon les cas aller à l'infini. Dans un avion un montant de pare-brise peut constituer un angle mort particulièrement gênant.



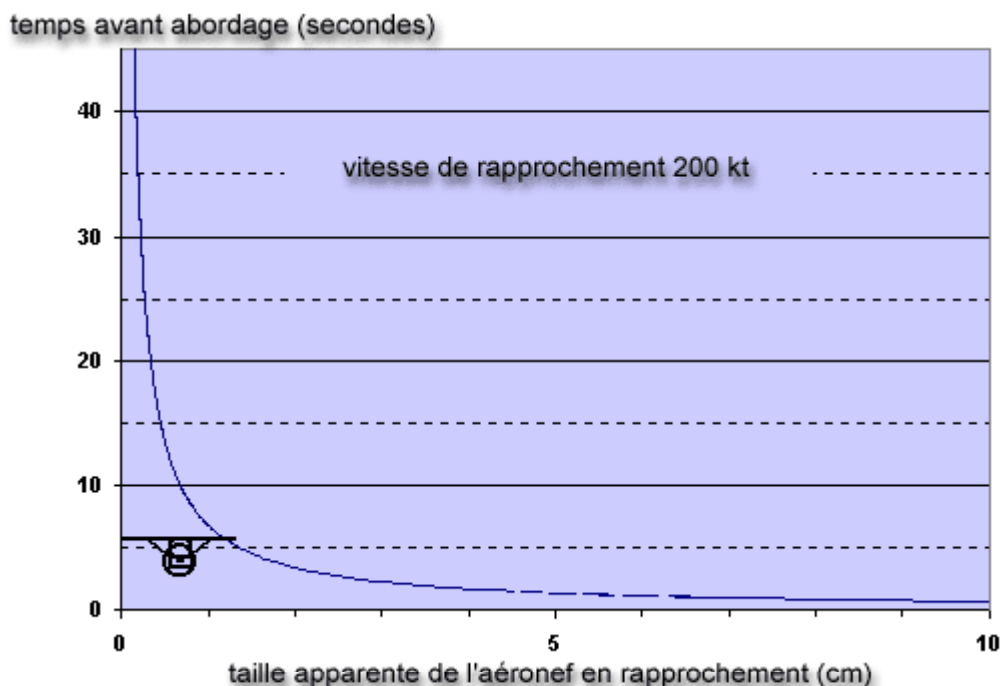
Ci-contre les limitations de la visibilité extérieure causées sur un C177 par l'angle mort dû aux montants de la porte et du pare brise ont été représentées.



Il est de plus possible d'avoir coïncidence entre la tache aveugle d'un œil et l'angle mort de l'autre.

2.1.2.3 Grossissement de la cible lors du rapprochement

Lorsque deux appareils sont en rapprochement, leurs pilotes verront évidemment l'autre appareil grossir. Cependant ce grossissement ne suit pas une loi de variation linéaire. Le schéma suivant illustre ce phénomène. Il représente la vision qu'a le pilote d'un avion volant à 100 kt d'un autre avion en rapprochement volant lui aussi à 100 kt et de dix mètres d'envergure environ. Il convient pour exploiter ce dessin de le placer bras tendu devant soi (à environ 70 cm).



2.1.2.4 Le temps de réaction

Le temps de réaction ne peut être considéré comme constant. Il dépend du pilote et de l'appareil. Il comprend la reconnaissance de la cible (aéronef), l'analyse d'une collision potentielle, la décision de l'évitement, l'action sur les commandes et le temps de manœuvre de l'appareil. Quelques secondes sont nécessaires pour réaliser cette séquence. De plus l'effet de surprise peut retarder ou bloquer

les réactions du pilote.

La figure précédente présente la taille d'un appareil avec une vitesse de rapprochement faible cinq secondes avant l'impact. La détection, intégrée dans la charge de travail du pilote, de cette cible de petite dimension n'est pas aisée.

Outre les limites inhérentes au système visuel, les trajectoires conflictuelles présentent des caractéristiques très particulières :

- **Le rapprochement à gisement constant, caractérisant les trajectoires conflictuelles, et le faible contraste entre un appareil et son environnement peuvent prendre en défaut la vision périphérique surtout sensible au mouvement d'objets fortement contrastés.**
- **L'ergonomie du poste de pilotage et les particularités de l'œil humain peuvent masquer certaines parties d'espace.**
- **La petite taille de l'autre appareil jusqu'à très peu de temps avant la collision rend difficile la détection. De plus son grossissement soudain crée un effet de surprise important.**
- **Enfin la manœuvre d'évitement n'est pas instantanée.**

La règle voir et éviter peut donc être prise en défaut du fait des limites physiologiques de la vision humaine, des vitesses importantes et de l'ergonomie des aéronefs. Dans un rapport concernant un abordage entre un avion de transport public et un planeur (février 1999) le Bureau Enquêtes-Accidents a conclu à **«l'inadéquation du concept voir et éviter, compte tenu des caractéristiques actuelles de l'aviation. »**

Deux autres facteurs peuvent contribuer à faire diminuer la vigilance extérieure :

- **La charge de travail en vol est souvent importante. Lors d'un vol à vue ou aux instruments en monopilote, le pilote doit assurer la conduite de sa machine, la navigation et la surveillance extérieure. Parfois la surveillance extérieure peut être déléguée à une autre personne présente à bord (instructeur, autre pilote ou passager). Ce report de vigilance, qui pourrait relever du travail en équipage, cette confiance mutuelle, se fait souvent sans échange verbal voire parfois inconsciemment.**
- **On peut aussi penser que lors de vols en croisière, lorsque la charge de travail est faible, une certaine hypovigilance se manifeste.**

2.2 Connaissance de la réglementation

La classification des espaces aériens, identifiés par une lettre, est en vigueur en France depuis le 2 avril 1992. Cette classification, conforme aux dispositions de l'Annexe 2 à la Convention de Chicago, permet de distinguer les espaces aériens contrôlés des espaces aériens non contrôlés et d'y associer les services de la circulation aérienne qui sont rendus. Les espaces aériens contrôlés sont de classe A, B, C, D, E. Les espaces aériens non contrôlés sont de classe F et G. En France on ne rencontre que des espaces de classe A, D, E, G.

La connaissance insuffisante des règles s'appliquant dans ces classes d'espace amène souvent les pilotes à commettre des erreurs.

Dans le cas des pilotes ayant une faible expérience ou volant peu, les nuances entre espacement, information de trafic et information de vol ne sont pas toujours assimilées.

- **Espacement** : l'organisme de la circulation aérienne ménage un intervalle entre les positions de deux aéronefs. L'utilisation de l'espacement sous-entend que le contrôle connaît la position de tous les appareils.
- **Information de trafic** : l'organisme de la circulation aérienne informe le pilote de la présence d'autres aéronefs, dont la position est connue ou observée (radio, radar...), afin de l'aider à prévenir un abordage. Pour fournir une information de trafic sûre et efficace le contrôleur a besoin de connaître tous les appareils volant dans son espace. C'est pourquoi le contact radio est obligatoire dans les espaces aériens où l'information de trafic est assurée.
- **Information de vol** : l'organisme de la circulation aérienne donne des avis et des renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols. Un contrôleur ou un agent AFIS peut dans ce cadre donner une information concernant un vol à un autre appareil mais il ne dispose pas de la connaissance exhaustive de tout le trafic.

2.3 Utilisation des radiocommunications

L'utilisation de la radio, obligatoire dans certains espaces aériens, est facultative dans d'autres. L'analyse des accidents montre que des pilotes peuvent alors rester sans contact radio, souvent par crainte ou par manque d'habitude. Ils se privent en agissant ainsi de l'information de vol qui pourrait leur être fournie. De plus, ils n'informent pas le contrôle ou les autres avions de leur présence dans la zone.

A l'opposé on constate parfois que l'utilisation de la radio apporte un faux sentiment de sécurité. Des pilotes pensent bénéficier d'information de trafic ou même

d'espacement alors que seules des informations de vol leur sont fournies. Dans ce cas, le danger peut venir d'un appareil non connu du contrôle. Ce dernier point se retrouve chez les pilotes évoluant en vol aux instruments.

2.4 Utilisation du transpondeur

Comme nous l'avons vu précédemment, le contrôle aérien dispose de plusieurs méthodes pour identifier, séparer et informer les pilotes. La radio est un vecteur d'information fonctionnant dans les deux sens. Le radar permet aussi au contrôleur de mieux connaître la position des appareils. Les anciens radars primaires ne nécessitaient aucun appareil embarqué mais les radars utilisés aujourd'hui ne permettent de détecter un aéronef que s'il est équipé d'un transpondeur. Progressivement de plus en plus d'appareils en sont équipés. Tous les avions de ligne et les avions évoluant en IFR en sont pourvus. Les autres avions sont aussi très souvent équipés de transpondeur, les planeurs et avions de construction amateur le sont moins. Cet appareil, s'il est en fonctionnement, permet d'être repéré sur des écrans radar mais il permet aussi aux pilotes d'avions équipés du système TCAS d'avoir directement connaissance, en dernier recours, d'un trafic potentiellement dangereux. Ce système TCAS est en train de se généraliser sur les avions de ligne.

Dans le rapport d'accident du BEA concernant l'abordage survenu le 30 juillet 1998 au large de Quiberon, on peut lire qu'« un *certain nombre d'utilisateurs n'appliquent pas la partie RAC 1-05 du Manuel d'Information Aéronautique relative à l'obligation faite au pilote d'un avion équipé d'un transpondeur d'afficher le code 7000 avec report d'altitude en l'absence d'instruction de contrôle.* » Cette obligation était reprise dans la documentation remise aux pilotes sous une forme qui pouvait être interprétée comme facultative, ce qui explique qu'elle soit encore très mal connue. De plus le transpondeur est parfois perçu comme un appareil de surveillance utilisé par les organismes de la circulation aérienne pour traquer les infractions.

Il a été établi pour les deux derniers abordages impliquant un avion de transport public que si le couple TCAS/transpondeur avait été utilisé les risques d'abordage auraient été minimisés.

2.5 Les abordages à proximité des aérodromes

Il existe des règles, des procédures ou des pratiques recommandées propres à diminuer le risque d'abordage, notamment dans des secteurs où la densité de trafic est importante.

C'est le cas aux abords des aérodromes. Certains sont contrôlés et le contact radio est obligatoire, d'autres peuvent être en auto-information et l'usage de la radio peut ne pas être obligatoire. Pour l'atterrissage un circuit d'aérodrome doit être suivi et, sur les terrains où la radio n'est pas obligatoire, une manœuvre d'intégration doit être faite.

Dans tous les cas d'abordage à proximité des aérodromes la radio n'a pas été utilisée correctement ou la procédure d'intégration ou le circuit de piste n'ont pas été respectés. Pour ce dernier point, on retrouve des cas où les pilotes ont «raccourci » les circuits dans un souci d'efficacité au détriment de la sécurité.

La non-utilisation de la radio, la confiance excessive en l'information de vol, la mauvaise interprétation de la réglementation sont des éléments que l'on retrouve dans les accidents étudiés.

3 - CONCLUSION

Cette étude montre que tous les pilotes quels que soient leur âge, leurs qualifications, les règles de vol qu'ils utilisent peuvent être confrontés à un risque d'abordage. Le nombre de ces accidents est faible, mais ils ont souvent de lourdes conséquences.

Le nombre croissant d'appareils, la complexité de certains itinéraires, les performances accrues et l'ergonomie des postes de pilotage doivent inciter les pilotes à utiliser toutes les méthodes permettant de détecter et d'être détecté par les autres.

Enfin des évolutions réglementaires sont indispensables car souvent encore la règle voir et éviter est le seul garant de l'anti-abordage. Cette règle de base dans un contexte où les contraintes sont de plus en plus importantes ne suffit plus.

4 - REDUIRE LE RISQUE D'ABORDAGE

En complément aux recommandations qu'avait émises le BEA dans le cadre des enquêtes sur les accidents de Quiberon et Montpellier, plusieurs mesures peuvent être suggérées sur la base des constatations qui précèdent pour réduire le risque d'abordage. Tout d'abord, compte tenu des limitations de la vision qui rendent difficile le repérage d'un aéronef sur une trajectoire de collision, c'est-à-dire à gisement constant, il convient de favoriser tout ce qui peut en améliorer la perception :

- Utilisation de tous les moyens permettant d'être repéré : les feux à éclat, feux de navigation, phares sont des aides précieuses ; ils permettent aux autres pilotes ou aux contrôleurs de repérer l'avion bien plus tôt.
- Nettoyage de la verrière ou du pare brise : l'étude a montré qu'un obstacle même petit pouvait dissimuler un avion jusqu'à ce que le temps nécessaire à l'évitement devienne insuffisant. Les documents de vol et autres objets posés sur la casquette du tableau de bord provoquent aussi des reflets pouvant gêner la visibilité au travers du pare brise.
- Utilisation systématique de la radio. Des contacts organisés au niveau local entre pilotes VFR et contrôleurs, eux-mêmes souvent pilotes d'ailleurs, pourraient permettre de lever certaines réticences et faciliter le bon usage de l'information de vol.
- Utilisation systématique du transpondeur, s'il est disponible à bord (et s'il fonctionne avec report d'altitude). Cela permet au contrôleur d'avoir connaissance du trafic et peut permettre, en dernier recours, à l'équipage d'un avion de transport équipé d'un TCAS de détecter un trafic conflictuel.

Respect des trajectoires d'arrivées et des circuits d'aérodrome, quels que soient les impératifs de rentabilité ou d'horaire.

Les pilotes en VFR, ou évoluant en IFR dans un espace où peuvent se trouver des vols en VFR, doivent être sensibilisés à l'existence réelle des risques d'abordage et à l'importance d'une vigilance de tous les instants. Plus spécialement :

- Une bonne disponibilité est nécessaire durant le vol pour assurer l'anti-abordage. Pour cela, une bonne préparation du vol, qu'il soit réalisé en VFR ou en IFR, permet de diminuer la charge de travail et notamment la consultation de la documentation.
- La connaissance parfaite et régulièrement actualisée des espaces aériens est indispensable pour connaître obligations et services rendus, ainsi que les interactions avec les autres vols (à vue ou aux instruments).
- La vigilance doit être accrue autour des zones très fréquentées (moyen de radionavigation, aérodromes) et quand l'aéronef vole avec le soleil en secteur arrière.
- Le partage explicite de la surveillance extérieure est souhaitable avant un vol à deux.

Enfin il convient d'améliorer le fonctionnement de la règle voir et éviter, sans en mésestimer les limitations. Cela passe nécessairement par une bonne formation et un entraînement régulier des pilotes privés à :

- l'exécution méthodique de la veille extérieure. Une veille dynamique privilégiant la recherche d'une cible est certainement plus efficace qu'un simple regard vers le ciel. Les pilotes doivent être exercés à **rechercher et détecter**,
- l'exécution opportune d'une manœuvre d'évitement. Les pilotes doivent être entraînés à apprécier le mouvement relatif d'un autre aéronef et à concevoir puis exécuter rapidement la bonne manœuvre d'évitement.

Remarque : la production de films ou de programmes de simulation destinés aux écoles et centres de formation pourrait contribuer à la mise en œuvre de ces derniers points.

ANNEXE

LISTE DES ABORDAGES

DATE	LIEU	Dpt	Résumé
20/02/89	TARBES	65	Abordage entre un Merlin IV en approche IFR sur Tarbes et un TB10 au départ de ce même aérodrome. Après avoir quitté l'ATZ le TB10 est revenu dans cette zone sans contact radio.
02/06/89	LES MEES	04	Abordage entre un Rallye remorqueur attelé et un planeur DG 300 en transition dans une zone de trafic vol à voile dense.
30/12/89	MOOREA	Polynésie	Abordage entre un PA28 et un DR400 dans une zone de contrôle. Le non-respect des règles de phraséologie a entraîné une confusion amenant le contrôleur à donner une information d'absence de trafic.
05/05/90	WAMBRECHIES	59	Abordage entre un Rallye remorqueur attelé en montée et un C185 en descente après largage de parachutistes.
25/09/90	CALVIGNAC	46	Abordage en croisière au niveau de vol 65 entre un PA28 sur une route 230 et un TB10 sur une route 350. Les deux appareils respectaient la règle semi-circulaire.
13/07/91	VENETTE	60	Abordage entre un DR400 en montée initiale et un Robin 2100 arrivant à la verticale du terrain en dessous du circuit de piste.
02/05/92	PLAISIR	78	Abordage entre un C152 et un DR400. Chaque appareil partait en navigation. Ils avaient décollé de deux aérodromes voisins de la région parisienne.
06/11/92	15 NM aérodrome de TARBES	65	Abordage entre deux CAP10 en vol d'instruction.
13/03/93	Aérodrome de PONT SUR YONNE	89	Abordage en montée initiale entre un ULM et un Jodel ayant décollé de deux pistes parallèles.
23/07/93	MASSIGNY	74	Abordage entre un PA28 et un C172 en croisière à 8 000 pieds dans la TMA de classe E de Chambéry. Les deux appareils venaient de traverser l'espace aérien de classe C de la TMA de Genève sur des cheminements différents.
11/11/93	Aérodrome de TOUSSUS le NOBLE	78	Abordage entre un C150 et un RF3 en étape de base. Les deux appareils venaient de s'intégrer dans le circuit d'aérodrome. La fréquence était encombrée.
23/12/93	Aérodrome du CASTELET	83	Abordage en finale entre un Rallye et un CAP10 en fin d'évolution voltige. Les plans d'approche des deux appareils étaient très différents.
25/07/95	LA POINTE	64	Abordage entre un TB10 et un DR400 lors de l'arrivée d'une étape du tour de France des jeunes pilotes. Un des appareils effectuait un circuit d'attente sur un point d'entrée de la CTR et l'autre appareil rejoignait le terrain par ce point d'entrée.
18/08/95	Aérodrome de VINON	83	Abordage entre un Rallye remorqueur et un planeur. Le Rallye en dernier virage et circuit court avait heurté l'arrière du planeur.
09/03/97	Aérodrome de MONTARGIS	45	Abordage entre un PA28 arrivant à la verticale du terrain et un Stampe en évolution voltige sans radio.
30/07/98	QUIBERON	56	Abordage entre un Beechcraft 1900 ayant annulé IFR et un C177 au-dessus du paquebot NORWAY.
12/02/99	GORNIES	34	Abordage entre un A320 en IFR en descente vers Montpellier et un planeur G103 en vol d'onde.