
	AÉRO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	
	CISOA-Commission Interne pour la Sécurité des Opérations Aériennes	
03/2016	Conseil Sécurité	Page 1/6

Rédacteur : L.P. Bugeat

Publié le 6 août 2016

Faire face à une perte des références extérieures !

Mon niveau de compétences est-il suffisant pour rester maître de l'attitude et de la trajectoire de mon avion si je ne vois pas la ligne d'horizon ?

La question est pertinente et un pilote VFR doit se la poser, par exemple avant une traversée maritime ou un vol en conditions météorologiques marginales. Dans ces deux situations il risque de n'avoir qu'une vision réduite de son environnement par l'intermédiaire de l'horizon artificiel, cet instrument devenant sa référence principale, au même titre que l'horizon naturel en pilotage à vue.

Cette vision réduite est souvent à l'origine d'erreurs d'interprétation des informations instrumentales et sensorielles, se traduisant par des actions inadaptées sur les commandes pouvant altérer la sécurité !

Après de brefs rappels sur les « références », la « boucle de pilotage » et les circonstances favorables à la dégradation de la visibilité en vol, ce conseil décrit l'impact d'une vision réduite de l'environnement sur la prise et le traitement des informations visuelles et non visuelles par le cerveau, en termes d'illusions sensorielles et de désorientation spatiale. Il se termine par l'identification des risques associés et de ce qu'il convient de faire pour y faire face.



Documents de référence et d'approfondissement du sujet :

[Guide le l'instructeur VFR](#) : Module 03-36 Perte des références extérieures (ENAC)

[La désorientation spatiale](#) (Dr Morieux)

[Illusions sensorielles](#) (Dr Christian Gomez, spécialiste en médecine aéronautique)

[Désorientation spatiale et illusions sensorielles : prévention pour les pilotes civils ?](#) (DGAC)

[La désorientation spatiale en aéronautique : apport des neurosciences intégratives à la conception des postes de pilotage](#) (Franck Mars - thèse de doctorat de l'Université de la Méditerranée)

Les « références »

La position et l'orientation par rapport à la ligne d'horizon naturel du repère pare-brise et des ailes (références « avion »), l'immobilité apparente ou le défilement dudit repère vis-à-vis d'un repère ponctuel pris à l'horizon ou d'un alignement de repères au sol constituent les « références extérieures ».



L'altimètre et le variomètre, l'anémomètre, le compas magnétique, l'indicateur de dérapage (la bille), le compte-tour (RPM) et enfin la pression d'admission (Pa), souvent complétés par l'horizon artificiel, le directionnel (compas gyroscopique) et le coordinateur de virage (turn coordinator) constituent les « références instrumentales ».

En portant son regard sur ces « références » le pilote dispose d'informations relatives à l'attitude de l'avion (via l'assiette et l'inclinaison) et à sa trajectoire (via la vitesse, l'altitude, le cap et des repères au sol pour sa matérialisation, son orientation et sa visualisation).

La « boucle de pilotage »

La conduite d'un avion consiste à mener diverses tâches afin de réaliser un « projet d'action » dans le respect des limites du domaine de vol.

Ces tâches s'inscrivent dans une « boucle de pilotage » comportant une phase initiale et quatre phases récurrentes :

1. la caractérisation du projet d'action (résultat à obtenir ou consigne, avec les préaffichages associés), par exemple celui de maintenir un vol rectiligne en palier à 2500 ft à la puissance de croisière ;
2. la prise des informations relatives à la situation présente ;
3. le traitement de ces informations, qui vise à comparer la situation présente et son évolution avec la situation désirée (identification et quantification des écarts à la consigne) ;
4. l'élaboration d'une stratégie de réaction (prise de décision) visant à faire évoluer la situation présente vers la situation désirée (correction des écarts) ;
5. l'application de cette stratégie et l'évaluation du résultat effectivement obtenu via une nouvelle prise des informations.

Nominalement, ces tâches sont effectuées sans difficulté particulière et de manière plus ou moins automatique selon l'expérience du pilote.

Conseil Sécurité 03/2016	AÉRO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	Page 3/6
	Faire face à une perte des références extérieures !	

Les circonstances favorables à la perte des références extérieures

Une forte dégradation de la visibilité en vol peut se produire par exemple au-dessus d'une grande étendue d'eau par temps chaud et/ou brumeux (le « tout blanc » ou le « tout gris ») ou par temps sec et froid (le « tout bleu »), la couleur du ciel se confondant alors avec la couleur de l'eau sans pouvoir distinguer une quelconque ligne d'horizon !

Elle peut également se produire au-dessus des terres par temps humide et froid (brumes) ou humide et chaud (brouillard d'advection) ainsi que face à un soleil bas sur l'horizon avec des brumes de basse altitude... et en cas de forte pluie ou d'entrée involontaire dans un nuage !

Dans ces exemples la vision de l'horizon naturel et des repères extérieurs devient au mieux floue, au pire inexistante.

L'impact d'une vision réduite de l'environnement sur le pilotage

En vol à vue, le pilotage est fondé sur la vision de toutes les références extérieures et de quelques références instrumentales. La vision de la ligne d'horizon et des repères intervient essentiellement dans les phases de prise et de traitement des informations.

La prise des informations est multi sensorielle, avec bien évidemment une importance toute particulière de la vue.

Les informations visuelles sont traitées dans le cerveau du pilote simultanément avec des informations non visuelles perçues via d'autres capteurs (notamment l'oreille interne, les muscles, les articulations, les os et les viscères) : l'ensemble des informations visuelles et non visuelles est nécessaire à l'interprétation correcte de la situation.

Une expérience simple permet d'illustrer cette nécessité. Il suffit de regarder, ou de montrer, un de nos portraits en le retournant de 180° (sens haut-bas). Il faudra plusieurs secondes à la personne qui le regarde pour nous identifier... car la gravité fait partie des éléments traités simultanément avec la vision (problème bien connu des pilotes de voltige qui font du repérage en vol dos...).

Le problème de la vision réduite n'est donc pas seulement de pouvoir lire les instruments mais aussi de décoder correctement des sensations (informations non visuelles) alors que le cerveau ne peut plus les associer aux images qui habituellement lui parviennent de l'extérieur.

En résumé, ce que le nerf optique transmet au cerveau n'est pas suffisant pour que le pilote ait la conscience exacte de la situation (i.e. la représentation mentale à partir de laquelle s'élabore la stratégie de réaction)

Les illusions sensorielles et la désorientation spatiale

Des études révèlent que la compréhension correcte de la vision met en jeu des références statiques et dynamiques distinctes, telles que :

- l'orientation des éléments de la scène observée par rapport à l'axe visuel ;
- l'orientation de l'axe visuel par rapport à la tête ;
- l'orientation de la tête par rapport à la gravité : cette perception de la gravité permet par exemple de distinguer le vol horizontal normal du vol inversé (i.e. sur le dos) ;
- une information visuelle sur le mouvement d'un ou plusieurs éléments de la scène qui permet de déterminer la direction de ce mouvement (références dynamiques).

En l'absence de références extérieures, c'est-à-dire lorsque le pilote ne peut porter son regard que sur les instruments [et plus particulièrement sur l'horizon artificiel] le traitement des informations par le cerveau privilégie l'information de la position de la tête par rapport à la gravité.

Conseil Sécurité 03/2016	AÉRO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	Page 4/6
	Faire face à une perte des références extérieures !	

Le « système » [interne au cerveau] qui permet de « comprendre » l'attitude de l'avion dans l'espace et son mouvement peut alors être mis en défaut car il va utiliser ce que le corps ressent : en effet, les capteurs physiques du corps renseignent sur les accélérations auxquelles il est soumis mais ces capteurs ont des seuils en-dessous desquels ils ne donnent aucune information. Donc des variations lentes et faibles ne seront pas perçues et lorsqu'une accélération sera ensuite perçue elle pourra induire des illusions sensorielles.

La complète désorientation spatiale interviendra rapidement (moins de 3 mn) surtout si des accélérations autres que la gravité sont présentes, avec pour conséquence de faire réagir le pilote de façon inappropriée sur les commandes.

Personne n'est à l'abri des illusions sensorielles. Prenons un exemple simple : en virage stable à 30° d'inclinaison pendant un certain temps le corps s'habitue au poids apparent. Le cerveau va intégrer le niveau d'accélération comme étant la valeur normale de la gravité. Lorsque les ailes sont remises à l'horizontale, le corps perçoit une diminution de poids que le cerveau interprète comme une mise en descente de l'avion. Un pilote non habitué aura une forte envie de faire une action à cabrer avec le manche.... Faites le test sans regarder à l'extérieur de l'avion, mais avec un autre pilote à bord pour assurer la sécurité !

Les risques associés à la perte des références extérieures

La dégradation ou l'absence de vision de la ligne d'horizon naturel et des repères présente des risques d'illusions sensorielles et de désorientation spatiale que le pilote doit connaître et gérer. En pratique, ces risques ou « menaces » sont :

- une conscience erronée de la situation (i.e. erreur de représentation mentale)
La détection de l'absence d'horizon naturel n'est pas immédiate et un changement progressif de l'attitude de l'avion pourra intervenir avant d'en prendre conscience. Le pilote commence à raisonner en étant persuadé que l'assiette qu'il maintient est correcte et que les ailes sont « à plat » alors qu'il n'en est rien ou qu'il est déjà en virage engagé !
- des difficultés de maintien du vol rectiligne ou du virage
Sans horizon naturel, le contrôle d'attitude en assiette et en inclinaison est plus difficile : une variation d'assiette de 1° (1cm environ de variation de la position sur l'horizon naturel du repère pare-brise) correspond sur l'horizon artificiel à une variation d'environ ½ millimètre. Sur l'instrument ce n'est pas la maquette qui bouge mais le fond bicolore représentant le ciel et la terre séparés par une ligne blanche ! En IFR, la panne d'horizon artificiel est l'une des plus délicates à gérer : c'est la même chose en VFR sans ligne d'horizon naturel !
- des difficultés de matérialisation, d'orientation et de visualisation de la route suivie
*Par exemple, en cas de faible visibilité horizontale et/ou verticale, la vision du sol est très différente de celle perçue en conditions de bonne visibilité : le contraste entre collines et vallées est atténué, une agglomération ou une forêt ou une voie ferrée sera facilement confondue avec une autre, etc.
En survol maritime par ciel voilé, les reflets sur l'eau de nuages sombres peuvent être pris pour des terres émergées (illusion d'optique) !*

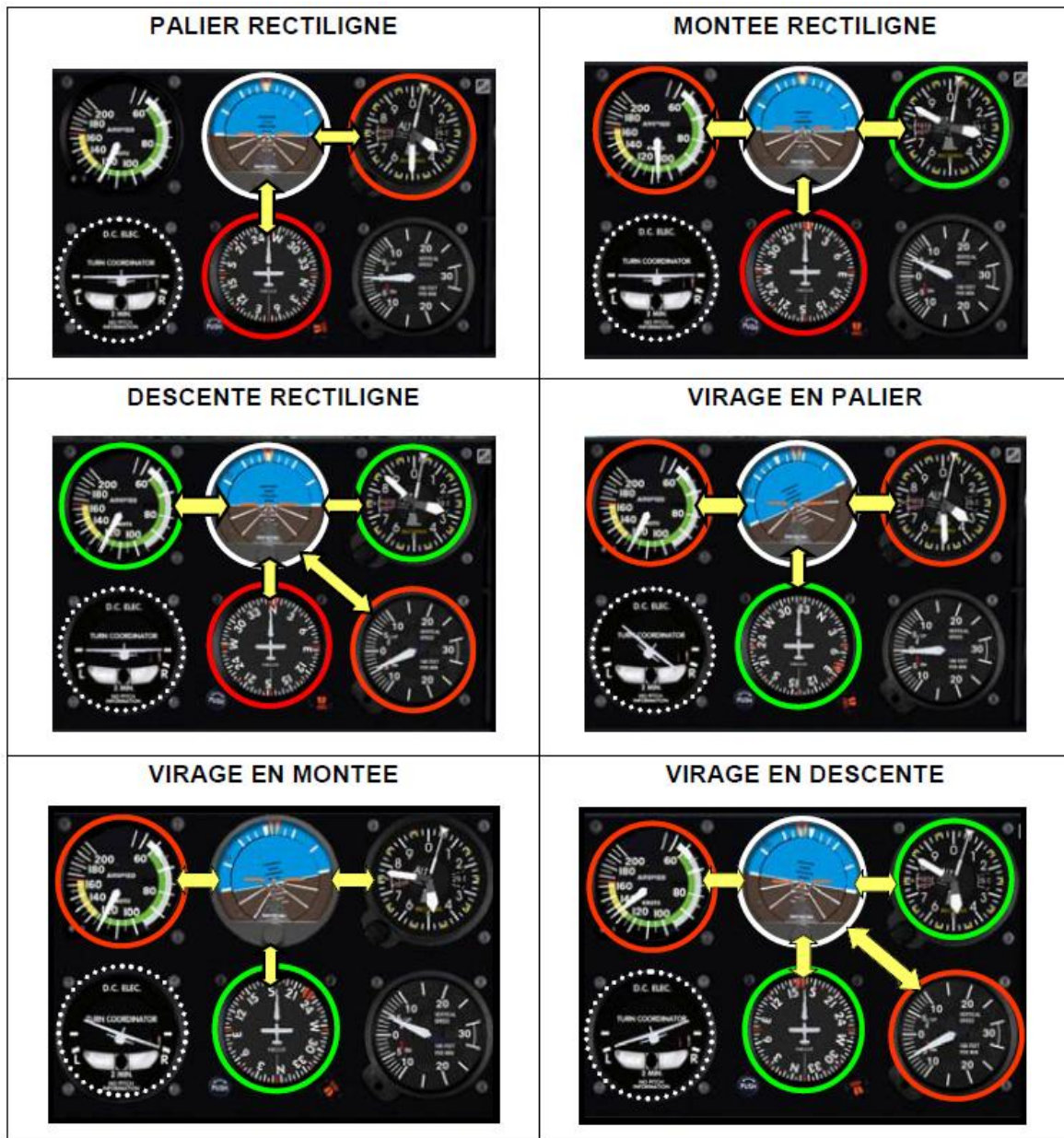
Rappel: sans contact visuel du sol et de l'eau, le pilote VFR doit disposer d'un équipement de navigation pour matérialiser et suivre sa route (un VOR ou un GPS ou un radiocompas) ; même obligation sur certains itinéraires maritimes !

Que faire, face à ces menaces ?

Se former au pilotage sans visibilité et s'entraîner régulièrement avec un instructeur :

- mémoriser les « préaffichages » d'assiette sur l'horizon artificiel et de puissance [en vol rectiligne ou en virage sur un palier, une montée et une descente], ainsi que la relation entre variations d'assiette, de Vz et de Vi (par exemple, 1° 200 ft/mn 5 kt) ;

- être capable d'adapter le circuit visuel à la trajectoire désirée :



Mettre en œuvre les bonnes pratiques :

- Avant le départ, analyser finement les observations et prévisions météorologiques afin de déterminer la visibilité et son éventuelle dégradation ;
- Pendant le roulage, vérifier le bon fonctionnement des instruments gyroscopiques (horizon artificiel, directionnel, coordinateur de virage) ;
- En vol, surveiller l'évolution de la visibilité horizontale et verticale ;
En espace G sous la surface « S » ne pas voler trop près de la base des nuages ; en espace aérien contrôlé ou au-dessus de la surface « S » respecter la distance aux nuages (1000 ft en vertical, 1500 m en latéral, 5000 m devant), anticiper la manœuvre d'évitement.
- Prévoir de faire le diagnostic de la perte des références extérieures par ses conséquences (difficultés à tenir l'altitude, le cap, etc.) en s'imposant un circuit visuel de contrôle instrumental plus fréquent qu'en bonnes conditions de visibilité et prendre le temps d'analyser et de comprendre l'attitude de l'avion ;
Attention : une fois qu'un diagnostic est posé il devient plus difficile de le remettre en cause, même s'il est erroné !

Faire face à une perte des références extérieures !

- Ne pas faire de mouvements brusques avec sa tête : en effet cela peut induire des erreurs de perception de la direction de la gravité et provoquer une impression de vertige ou d'étourdissement ainsi qu'une augmentation du stress ;
- Limiter les accélérations/décélérations, piloter en souplesse avec des variations lentes en sachant que des ressentis d'inclinaison peuvent être liés à des accélérations/décélérations linéaires ;
C'est l'illusion « somatogravique » qui est une fausse appréciation de la gravité, aussi appelée « illusion de fausse montée » : elle intervient par exemple à la rotation lors du décollage, quand le cerveau interprète de manière erronée les informations d'accélération provenant de l'oreille interne.
- Pour retrouver une attitude stable, préafficher l'assiette et la puissance de la trajectoire désirée et faire les corrections d'assiette et d'inclinaison avec des gestes de faible amplitude et en mettant en œuvre un circuit visuel précis centré sur l'horizon artificiel et distribué, selon la trajectoire, entre l'altimètre, le directionnel (pour les écarts dus aux inclinaisons involontaires), l'anémomètre et le variomètre ;
- Compenser en tangage dans toutes les phases du vol (utiliser le trim !).

Faire du retour d'expérience :

- après le vol, « auto évaluer » sa performance (tenue de l'assiette, respect de la trajectoire) et son comportement (gestion des sensations physiques, stress, etc.) ;
- le cas échéant mettre en place un changement dans sa pratique du circuit visuel et dans sa façon d'agir sur les commandes, pour s'affranchir des illusions sensorielles.

Conclusion

La perte des références extérieures, les illusions sensorielles et la désorientation spatiale qu'elle peut provoquer, sont des situations auxquelles nous devons bien entendu penser a priori et selon les circonstances où le vol est effectué.

Face à ces situations, nos réactions seront adaptées si nous en connaissons les effets sur nous-même et les conséquences possibles, si nous avons appris les bonnes pratiques pour en déjouer tous les pièges et si nous n'omettons pas de les mettre en œuvre le moment venu !



**Ne perdons pas nos illusions, apprivoisons-les ...
en faisant confiance aux instruments !**