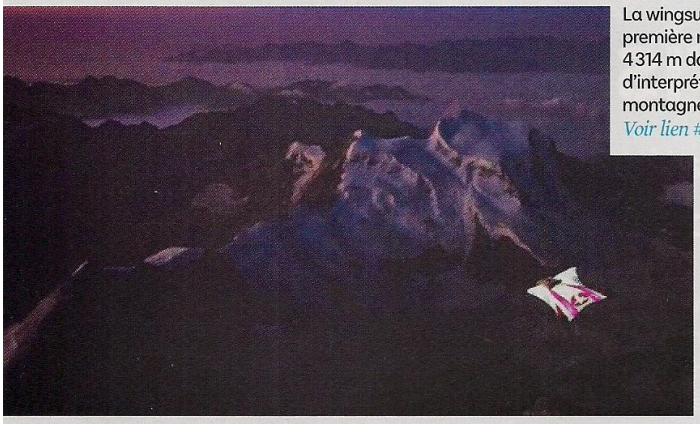
par **MICHEL BARRY,**
pilote professionnel,
ingénieur aéronautique.

Faible visibilité près du sol
Eviter d'en subir le stress

Pas besoin d'être dans le nuage pour que le manque de visibilité, présent ou à venir, compromette la sécurité du vol. La pénombre, un éblouissement temporaire, un rideau de pluie peuvent se révéler tout aussi dangereux.



La wingsuiteuse valaisanne Géraldine Fasnacht a réalisé courant novembre 2017 une première mondiale en sautant, de nuit, au-dessus du Grand Combin, qui culmine à 4 314 m dans les Alpes. Les images du vol de Géraldine montrent bien toute la difficulté d'interpréter le relief dans la pénombre et surtout de se positionner par rapport aux montagnes... Un vol qui n'était en rien improvisé !
Voir lien #6 sur notre site.

La sécurité du vol près du sol (à l'atterrissage, au décollage, près du relief en croisière...) est vite compromise dès que la visibilité se dégrade. Les causes majeures (obscurité, éblouissement, brouillard, fumées, précipitations) peuvent provoquer une situation d'urgence sans que pour autant le pilote ne perde la vue du sol comme lors de vols en nuage, en conditions IMC.

Nous avions examiné de près des accidents dus à l'éblouissement du pilote (*IP* n°725 d'août 2016). Dans les pages de ce mois-ci, nous analysons cinq cas d'accidents rapportés par le BEA et qui montrent d'autres scénarios tout aussi dangereux, tous dus au manque de visibilité présente ou à venir. En évoquant leur existence, nous devrions vous mettre en garde contre des situations semblables et vous aider à les éviter.

A. Exposé de cinq situations ayant provoqué des accidents

1. Accident d'un Piper PA 28 à Saint-Pierre d'Oléron

Voir lien #1 sur notre site.

La crainte de la nuit sur l'aérodrome de destination conduit le pilote à prendre une série de décisions précipitées et catastrophiques. Entre se poser probablement avec une très faible luminosité à l'arrivée et écourter le vol en improvisant un déroutement non préparé et rendu difficile par le soleil se couchant dans l'axe de piste, le pilote choisit la deuxième alternative. Trop haute, trop rapide, la finale est exécutée trop près de l'aérodrome. Le pilote s'en aperçoit trop tard et l'avion finit par se poser alors qu'il est en dehors des limites de l'aérodrome, à 300 mètres de l'extrémité de la piste qu'il vient de survoler.

Aucune recommandation n'est à formuler quant à l'amélioration de la technique d'atterrissage, sinon de braquer les volets en configuration « atterrissage »...

En revanche, on remarque combien une préparation plus sérieuse de cette courte étape de 40 NM aurait évité l'accident. Un vol entrepris avec la possibilité d'arriver à la nuit tombante devrait être mieux calibré que tout autre lors de sa préparation. Mais préparer prend du temps et l'on peut préférer décoller le plus tôt possible. Quand de telles alternatives se présentent dans des délais relativement serrés, il est préférable de renoncer au vol. Autant pour des raisons techniques que pour échapper au stress qui va s'ensuivre. Et pour des vols en régime VFR, l'obscurité est susceptible d'en générer. A la fois pour la menace qu'elle représente alors qu'il fait encore jour et ensuite pour les difficultés opérationnelles dès que la nuit commence à tomber.

Cas	Date	Type d'avion	Circonstances	Conséquences
1	30 sept. 2011	PA 28	Perte de références visuelles à l'arrivée : soleil puis faible luminosité	Avion détruit
2	20 juin 2012	Aquila AT01	Perte de références visuelles due à la pluie, à l'atterrissage	Avion fortement endommagé
3	19 déc. 2014	PA 28	Pluie, environnement sombre au-dessus de l'eau lors d'un vol de nuit	Avion détruit, pilote et passagère décédés
4	20 juin 2017	PA 28	Estimation erronée du relief en vol de nuit	Pilote et instructeur blessés, avion détruit
5	29 nov. 2017	D 140	Du grésil accapare l'attention des pilotes à l'atterrissage. Un obstacle non visualisé est heurté	Avion fortement endommagé

Exemples BEA
Nouveau ! Retrouvez désormais tous les liens des exemples des rapports du BEA de cet article sur le site www.info-pilote.fr, rubrique sécurité.

2. Accident d'un Aquila AT01 à Brest

Voir lien #2 sur notre site.

La pluie complique sérieusement l'atterrissage d'un vol d'instruction. D'abord à cause de la pollution aérodynamique du profil laminaire (voir *Info-Pilote* n°704 de novembre 2014), phénomène susceptible d'accroître la vitesse de décrochage, mais aussi en diminuant la visibilité pendant un exercice à proximité du terrain. Le rapport du BEA pointe clairement l'obstination de la poursuite de l'exercice qui, selon toute évidence, va se terminer avec une visibilité très dégradée. En effet, l'intensité de l'averse limite la perception des références visuelles extérieures et l'accroissement rapide de l'hygrométrie provoque la formation de buée sur la verrière.

Là où une remise de gaz afin de s'éloigner du sol et de chercher une zone plus dégagée aurait été salutaire, le pilote préfère continuer et poursuivre la finale tout en faisant régresser dangereusement la vitesse sous la pluie. Il ne semble pas prendre en compte la mise en garde du constructeur concernant la dégradation des caractéristiques de l'aile sous la pluie. L'atterrissage dur qui s'ensuit lors de la sortie des volets en est probablement une conséquence.

Dans ce cas, on relève encore le choix d'une mauvaise décision à laquelle le stress du vol, avec une visibilité dégradée, peut avoir contribué.

3. Accident d'un Piper PA 28 aux Antilles

Voir lien #3 sur notre site.

Un pilote se retrouve au-dessus de la mer alors qu'il s'approche d'une zone nuageuse et pluvieuse. L'arrivée de la nuit obscurcit le paysage au point que le pilote sous-estime le risque représenté par l'amas nuageux, parsemé de cellules pluvieuses, vers lequel il se dirige.

La perte de l'information visuelle due à la diminution de la luminosité est l'un des dangers de la faible visibilité près du sol ou, comme ici, près de la mer. Ensuite, par nuit noire, sans lune et loin des lumières de la côte, on est très vite coupé de toute référence extérieure. Les aptitudes d'un pilote qualifié VFR de nuit peuvent alors s'avérer insuffisantes pour la poursuite du vol.

Bien qu'il ait préparé son voyage en collaboration avec son instructeur, le pilote a probablement surestimé l'ensemble de ses capacités pour affronter une situation météo déjà limite. De surcroît l'obscurité, plus intense et plus stressante que celles auxquelles sa faible expérience l'avait déjà confronté, a probablement aggravé sa désorientation et limité ses aptitudes. Concevoir un déroutement ou un demi-tour alors qu'il en était encore temps avec une luminosité suffisante était la seule alternative.

4. Accident d'un PA 28 à Farges

Voir lien #4 sur notre site.

Le voyage en VFR de nuit impose au pilote une évaluation permanente des conditions de visibilité vers le sol qu'il doit garder en vue. Dans le cas du survol des montagnes de l'accident, la marge de hauteur n'était pas suffisante pour que le pilote puisse faire abstraction du relief. Peu avant l'accident, il aurait été utile que la vue du sol soit suffisamment pertinente pour que les pilotes se rendent compte du danger de la situation. Le rapporteur du BEA fait remarquer que : *« La vision mésopique (vision à basse luminance) est celle utilisée lors du crépuscule... : restrictions du champ visuel, diminution de la sensibilité aux contrastes, appréciation dégradée des distances, des reliefs et de la situation dans l'espace. »* C'est probablement la raison pour laquelle le rapprochement anormal avec le relief n'a jamais été détecté.

A noter que l'instructeur passant de la lecture de sa tablette à la recherche du paysage dans la pénombre n'a peut-être pas eu la vision immédiatement adaptée. Voir ci-dessous une explication liée à la physiologie de l'œil.

5. Accident d'un Jodel D 140 sur l'altisurface de Banon

Voir lien #5 sur notre site.

Une averse de grésil perturbe une approche sur une altisurface bien connue de l'instructeur. En phase d'atterrissage, le train heurte un obstacle, une souche d'arbre située près du seuil de piste. Pourtant la visibilité à cet endroit est bonne. Mais la préoccupation d'une éventuelle perte de visibilité due à une averse à l'autre bout de la piste focalise l'attention des pilotes qui n'exécutent pas une bonne approche.

La menace d'une perte éventuelle de visibilité sous l'averse est un facteur déterminant qui a réduit les performances du couple instructeur/élève au point de lui faire commettre une faute d'inattention. Il aurait été judicieux que cette réelle menace soit prise en considération plus tôt et provoque une remise de gaz pendant que c'était encore possible.

B. Conclusion : mauvaise visibilité du sol (pénombre, nuit, averses) = multitude de risques de nature très diverses

1. Notions concernant l'œil et la vision par faible luminosité

a. La pupille, diaphragme biologique qui s'ouvre ou se ferme en fonction de la luminosité :

• en quelques secondes, quand l'intensité de la lumière diminue, la pupille se dilate tel le diaphragme d'un appareil photo, afin de faire entrer le maximum de lumière en direction de la rétine ;

• la dilatation de la pupille diminue corrélativement la profondeur de champ. Au lieu par exemple que la vision soit nette de 1 mètre à l'infini (grande profondeur de champ comme c'était le cas avec une luminosité élevée), l'image en faible luminosité ne peut alors être nette que sur des segments plus courts. Par exemple entre 1 mètre et 2 mètres ou entre 2 mètres et 10 mètres ou entre 10 mètres et l'infini. C'est le cristallin par sa déformation qui accommode sur chacun des segments sur lesquels il doit voir net. Par exemple, si on dirige son regard vers le tableau de bord, le cristallin prend une certaine forme ; si l'on regarde vers l'horizon, il prend une autre forme. Sa déformation n'étant pas instantanée l'accommodation prendra quelques secondes ;

• en lumière intense, pupille très fermée, le cristallin n'a pas besoin de travailler son accommodation puisque la pupille très fermée s'en charge en donnant une très grande profondeur de champ.

b. La rétine et ses particularités en faible luminosité :

• elle présente aussi une certaine

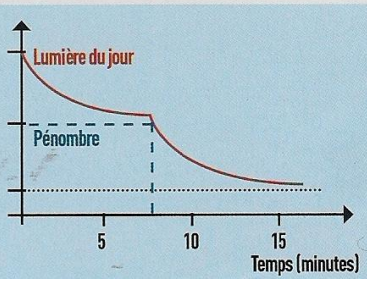


Figure 1. Temps d'adaptation de la rétine à la lumière qui diminue
Cinq à 10 minutes sont nécessaires pour que la rétine perçoive parfaitement les images dans la pénombre après qu'elle a été exposée à une lumière comme la lumière du jour. Toute nouvelle exposition de l'œil à une lumière intense réinitialise en partie le processus d'adaptation. Par exemple si l'œil qui vient de s'adapter à la pénombre (vol de nuit) consulte le tableau de bord très éclairé, il lui faudra de nouveau quelques minutes pour s'accoutumer à la pénombre. D'où l'intérêt de ne pas suréclairer le poste de pilotage.

paresse avant de s'adapter à la faible luminosité ;

• son adaptation à la lumière peut prendre plusieurs minutes. Voir figure page précédente ;

• deux types de photorécepteurs tapissent le fond de la rétine : les cônes et les bâtonnets. Les bâtonnets, 1 000 fois plus sensibles que les cônes, sont les transmetteurs de la vision par faible éclairage. Comme ils sont absents de la fovéa, zone située dans l'axe optique de l'œil, la gymnastique qui permet de décaler son regard de 10 degrés de l'objet à distinguer accroît les chances de mieux le distinguer. Tout le monde n'y est pas entraîné ! ;

• par nuit noire, la vision n'est pas possible (figure 1, p. précédente). Voir accident n°3 au-dessus de l'eau. On perdra les références visuelles même en l'absence de nébulosité.

2. Conséquences pratiques liées directement à la physiologie du regard

• par faible luminosité le regard du pilote s'adapte moins vite à l'environnement extérieur lorsqu'il passe du tableau de bord (ou d'un élément trop lumineux comme une tablette, cas n°4) au paysage extérieur que lorsqu'il passe de l'extérieur au tableau de bord ;

• l'accommodation mettant un certain temps avant d'être satisfaisante, il est utile de ne pas faire trop d'allers-retours entre le tableau de bord et l'extérieur et de laisser ses yeux s'adapter à la pénombre si la vue du sol est importante pour la sécurité ;

• mieux vaut décaler son regard d'une dizaine de degrés par rapport à un détail qu'on désire mieux discerner. La technique peut s'avérer utile la nuit ;

• le voyage en VFR de nuit ne doit pas compter sur les performances du regard pour éviter les obstacles. Cas n°4.

3. Savoir résister à la pression et savoir combattre le stress

• résister aux diverses pressions. L'une d'elles est notifiée par le BEA (cas n°2) : « *... Cette tendance à persévérer dans un projet d'action, alors que des éléments le remettent en cause, peut être accentuée pour un instructeur en exercice en raison de sa fonction...* » ;

• perdre la vue du sol d'une manière inattendue provoque toujours un stress susceptible de perturber des pilotes peu entraînés. Ce stress indésirable rajoute une complication au traitement de la situation ;

• la préparation du vol avec la prise en compte des différents scénarios de visibilité à l'arrivée permet d'éviter des situations à risques. Rassuré, par exemple grâce à la préparation du vol, par le fait que l'on arrivera avant la nuit et sans forte pénombre, on éviterait des improvisations comme celle du cas n°1 ou des décisions imprudentes comme celles du cas n°3 ;

• en cas d'averse violente sur la piste, il vaut mieux attendre un peu. Le stress tombe, l'horizon se dégage car en général les fortes averses ne durent pas (cas n°5). Ou alors on a mal préparé le vol ! Bien connaître la quantité de carburant restante, grâce à une évaluation sérieuse du délestage permet d'attendre l'éclaircie avec moins de stress sur l'aérodrome de destination. Surtout si au départ, après avoir pris connaissance du risque d'averses à l'arrivée, on a rajouté un peu de carburant en envisageant l'attente éventuelle. ●