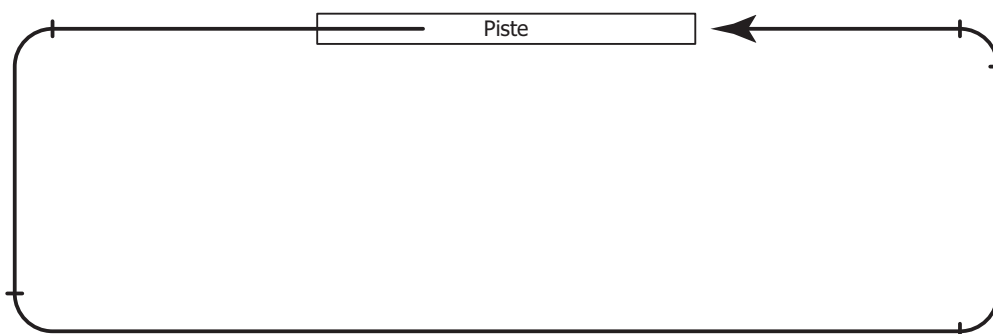


\_\_\_\_\_ (pendant laquelle le vent vient de travers) permettant de rejoindre le début de la branche de vent arrière évoquée précédemment.

L'ensemble du circuit (hors phases de décollage et d'atterrissage) est généralement réalisé à une hauteur de 1000 ft au dessus du sol.

Au départ, la prise de route vers la destination peut se faire à n'importe quel moment sur ce tour de piste.

À l'arrivée en revanche, afin de disposer d'un temps suffisant pour préparer son avion, le pilote doit débiter la procédure telle qu'elle a été décrite ici, c'est-à-dire au début de la branche de vent arrière.



**Figure 35** – Le tour de piste VFR.

Pour un exemple plus détaillé de tour de piste, on pourra par exemple se référer à la figure 18b, sur laquelle le circuit est intégralement tracé, et on pourra étudier les différences entre la procédure standard présentée ici, et celle décrite sur la carte d'atterrissage à vue de Toussus-le-Noble.

### 5.2.1. Procédures relatives au vol aux instruments

Sur un aérodrome ouvert à la circulation aux instruments, le pilote doit respecter des trajectoires et des altitudes définies dans les procédures. D'une manière générale, il sera pris en charge par les contrôleurs aériens qui lui garantiront un espacement avec les autres avions. La figure 19b donne un exemple pour une approche de ce type à Toussus-le-Noble.

La procédure aux instrument est basée sur des balises de radionavigation telles que le VOR, l'ADF ou le DME présentés à la section 3.2., ou sur des points de navigation par satellite.

Sans entrer dans des détails hors programme, on pourra retenir qu'une procédure IFR comporte, entre autres éléments :

- une trajectoire de descente vers une balise de radionavigation ou un point GPS ;
- une attente possible au voisinage de la balise ou du point GPS ;
- une finale permettant de rejoindre la piste depuis la balise ou le point GPS. L'axe de la finale est généralement lui-même matérialisée par une balise de radionavigation (l'ILS, pour *Instrument Landing System*) ou par satellite.

## 6. Sécurité des vols

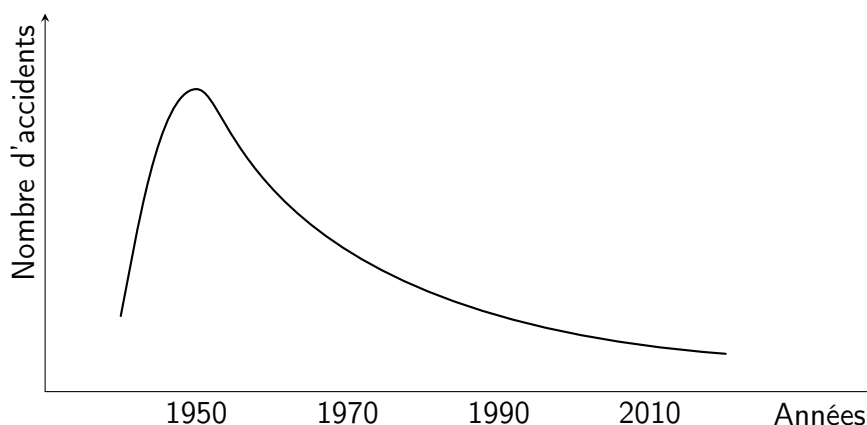
La sécurité est au cœur de l'activité aéronautique. En effet, les accidents aériens ayant généralement des conséquences dramatiques, il a été de tous temps considéré comme une priorité de faire en sorte de réduire autant que faire se peut le nombre d'accidents de la circulation aérienne. Nous verrons dans cette section les solutions utilisées afin d'œuvrer en ce sens et les limites, notamment humaines, qui peuvent faire défaut.

### 6.1. Gestion des risques

Lors des balbutiements de l'aéronautique, les connaissances dans ce domaine nouveau ont d'abord dû être construites de manière empirique, en assurant des conditions de sécurité parfois précaires pour permettre l'essor de cette activité.

Les guerres mondiales du XX<sup>e</sup> siècle ont mis à profit ce nouvel outil pour de nombreuses missions de reconnaissance, de transport, de défense ou d'offense ; ce qui s'est traduit par une hausse significative de l'activité aérienne, à laquelle s'est associée une forte hausse du nombre d'accidents.

En réaction à cela, la mise en place de nombreuses barrières a permis de réduire le nombre d'accidents eu égard à une activité toujours croissante.



**Figure 36** – Représentation schématique de l'évolution du nombre d'accidents aériens depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle.

Les différentes barrières installées peuvent porter sur des éléments différents prenant part de près ou de loin à la réalisation d'un vol. Parmi les points particulièrement surveillés, nous pouvons citer :

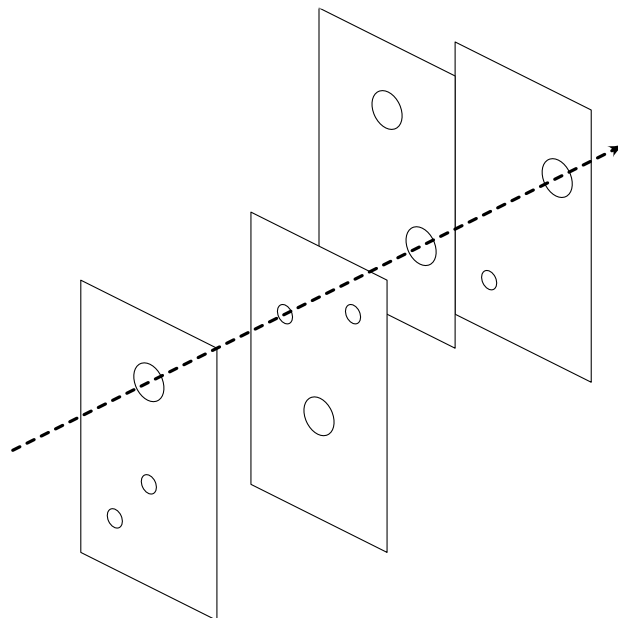
- \_\_\_\_\_ : les aéronefs sont des appareils certifiés et la conception d'un avion nécessite de réaliser toute une série de tests permettant de connaître précisément ses limites d'utilisation et on parle de (plage de vitesses utilisables, altitude maximale, masse au décollage, etc.) ;
- \_\_\_\_\_ : toutes les pièces fabriquées pour une utilisation aéronautique sont testées et certifiées ; elles sont produites et contrôlées par des agents disposant d'un agrément ; une traçabilité est également assurée afin de pouvoir retrouver si besoin un lot de fabrication ;
- \_\_\_\_\_ : les aéronefs certifiés doivent suivre une protocole d'entretien très précis préconisé par le constructeur (visite légère toutes les 50 h de vol, plus approfondie toutes les 100 h de vol, etc.) réalisées par des opérateurs agréés dans des ateliers certifiés ;

- \_\_\_\_\_ : le pilote doit être familier de l'utilisation de son avion, en avoir une bonne connaissance et assurer la conduite du vol en respectant les procédures prévues par le constructeur. Ces procédures (\_\_\_\_\_ ou \_\_\_\_\_) ont pour objectif d'aider le pilote à maîtriser les risques.

Ces différentes barrières constituent le \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ (du nom du psychologue James Reason).

Selon ce modèle, la sécurité résulte de la coordination d'un grand nombre d'éléments humains et techniques. Leur fonctionnement requiert des protections. L'accident est alors la conséquence d'une conjonction d'un certain nombre de facteurs, chacun d'eux étant nécessaire mais pas suffisant, à lui seul, pour compromettre l'efficacité des différentes protections.

Tout système complexe présente intrinsèquement des défaillances. Ces défaillances sont plus ou moins profondes et peuvent se manifester immédiatement (généralement en raison des actions d'un acteur de première ligne comme le pilote ou le mécanicien) ou demeurer latentes pendant des durées parfois considérables (elles sont alors dues aux actions d'un acteur en amont comme le concepteur ou le rédacteur des procédures).



**Figure 37** – La « sécurité emboîtée » : le modèle des plaques de Reason.

Parmi les différentes barrières présentes, celles liées à l'utilisation sont les plus vulnérables. L'exploitation de l'aéronef reste en définitive entre les mains d'un être humain, qui est souvent à l'origine d'erreurs préjudiciables à la sécurité.

## 6.2. Performances humaines et limites

L'étude des aptitudes et des performances humaines peut s'effectuer en mettant en relief deux niveaux : le niveau psychologique et le niveau physiologique.

### *Le niveau psychologique*

Le niveau psychologique est particulièrement complexe à appréhender car il touche à la personnalité. Des études tendent toutefois à simplifier ces facteurs par l'identification de quelques grands types de personnalité qui vont se traduire par des comportements différents face à la gestion d'une situation à risque. On peut par exemple citer le type de personnalité « autoritaire » dont on pourrait résumer le mode de pensée par la

réaction « les règles, c'est pas pour moi ! » ou le type « résigné », que l'on pourrait résumer par la réaction « autant ne rien faire... ».

Les différentes façon de réagir face à une situation de crise ou les difficultés de gestion peuvent par ailleurs être exacerbées par le stress lorsqu'une situation inconnue se présente. Le stress s'exprime généralement à travers trois phases :

- \_\_\_\_\_ : le cerveau déclenche des réactions ayant pour objectif direct de permettre une fuite rapide de la zone de danger ou un affrontement direct (augmentation du rythme cardiaque, production d'adrénaline, amélioration de l'acuité visuelle) ;
- \_\_\_\_\_ : l'individu s'adapte à la situation stressante, évalue et analyse la situation dans l'objectif de prendre une décision pour résoudre la situation ;
- \_\_\_\_\_ : qui survient si l'exposition au facteur de stress perdure. L'organisme ne peut plus compenser les dépenses énergétiques, les défenses immunitaires s'affaiblissent et l'individu commence à ressentir une fatigue intense et du découragement.

Si le stress est généralement pointé du doigt pour ses effets néfastes, un bon niveau de stress (ni trop fort ni trop absent) peut être intéressant pour stimuler ses performances et se maintenir dans un état d'éveil compatible avec la réalisation du vol.

### *Le niveau physiologique*

Le niveau physiologique traite de la biologie et met en avant les limites de l'être humain lors du vol. La navigation pouvant se réaliser à haute altitude, il faut d'abord étudier les effets d'une baisse de la quantité de dioxygène ou de la pression sur le fonctionnement du corps humain, mais même à basse altitude, d'autres difficultés peuvent être rencontrées lorsque nos sens nous envoient des informations contradictoires.

Concernant les effets de l'altitude, le premier élément significatif concerne la raréfaction du dioxygène. Schématiquement, la diffusion du dioxygène de l'atmosphère vers le sang et inversement du dioxyde de carbone du sang vers l'atmosphère se fait grâce à la différence de quantité de dioxygène et de dioxyde de carbone dans les deux milieux. On parle plus rigoureusement de pression partielle.

L'air atmosphérique est fortement chargé en dioxygène, celui-ci tend naturellement à se diffuser vers les zones où il est moins présent. Après consommation du dioxygène par les cellules, du dioxyde de carbone est rejeté ; sa concentration augmente dans le corps humain et il tend naturellement à se diffuser vers l'atmosphère où il est moins présent.

En montant en altitude, la quantité de dioxygène présent dans l'atmosphère diminue et il devient plus difficile de l'assimiler. Le manque de dioxygène est à l'origine de \_\_\_\_\_ : les cellules du corps humains sont moins bien oxygénées, leurs performances se dégradent, et si la situation dure, des conséquences irréversibles peuvent apparaître.

Afin de palier ce problème :

- dans un avion non pressurisé, il est nécessaire de prévoir un dispositif de diffusion d'oxygène pour les personnels de conduite si la durée de vol au dessus de 10 000 ft dépasse 30 minutes, et pour l'ensemble de l'équipage si le vol est exécuté au dessus de 12 500 ft ;
- dans un avion pressurisé, la pression dans la cabine est réglée à une altitude équivalente maximale de 7 500 ft et des dispositifs de diffusion d'oxygène doivent être à portée de main en cas de nécessité.

Enfin, le second effet notable de la montée en altitude est la diminution de pression. Cette diminution de pression peut avoir des effets indésirables sur le corps humain telles que des ballonnements, des gonflements ou des douleurs abdominales. Ainsi, afin d'éviter l'apparition de ces symptômes, un pilote non aguerri évitera par exemple de consommer des boissons gazeuses avant de monter en vol.

Mais les effets de la pression ne se limitent pas aux douleurs abdominales. Toute partie du corps humain renfermant une poche d'air peut devenir douloureuse : les cavités nasales ou les oreilles peuvent se boucher ou des douleurs dentaires peuvent survenir si des caries sont non traitées par exemple.

Au delà des effets de l'altitude, le corps humain et les sens qui nous permettent de percevoir notre environnement ont aussi leurs limites.

\_\_\_\_\_ possède de nombreuses faiblesses. La vision centrale est précise, mais elle est limitée à un angle de l'ordre de  $2^\circ$ . Au delà de ce cône très réduit, la vision périphérique, qui permet de percevoir les mouvements, n'est pas nette et ne permet pas de distinguer les couleurs. De plus, toute la rétine n'est pas utilisée pour construire une image de notre environnement. Le départ du nerf optique constitue une « tache aveugle » et le cerveau compose avec les informations provenant des deux yeux pour reconstruire une image complète. Pour aider dans cette tâche, il convient de prendre l'habitude de balayer régulièrement des yeux l'environnement pour fabriquer artificiellement du mouvement.



**Figure 38** – La tache aveugle : fermer l'œil droit, regarder le signe +, et ajuster la distance séparant l'œil gauche de l'illustration.

\_\_\_\_\_ présentent de nombreuses faiblesses. Le tympan est fragile et il supporte mal les variations de pressions importantes. Ceci peut être gênant lors des montées rapides ou, plus fréquemment, lors des descentes rapides. Mais notre oreille interne est également le siège de notre équilibre. Les canaux semi-circulaires du système vestibulaire nous permettent de connaître notre orientation dans l'espace et d'estimer la verticale. Cette estimation de la verticale se fait en mesurant l'accélération de pesanteur à laquelle nous sommes habitués au quotidien. Mais dans un avion pouvant subir de fortes accélérations dans des directions très variées, notre perception de l'accélération de pesanteur peut être rapidement troublée par une accélération ou un freinage. Dans une phase d'accélération par exemple, l'apparition d'une composante d'accélération vers l'avant peut donner l'impression que la verticale se réoriente : que l'avion est en train de se cabrer. Ceci peut entraîner un comportement réflexe de pousser sur le manche, ce qui peut être très peu judicieux quand on pense que la phase d'accélération est généralement la phase de décollage.

Mais nos sens peuvent aussi avoir des effets bénéfiques. L'odorat par exemple pourra permettre à un pilote de détecter une odeur curieuse ou suspecte. Celle d'une infiltration de gaz d'échappement par exemple, ou d'un départ d'incendie. Notre sens du toucher pourra également nous permettra de lever des doutes, en récupérant une référence ferme et fixe sur le tableau de bord de l'avion par exemple. Ou bien pour distinguer les équipements de l'avion : la forme des poignées utilisées pour contrôler les volets, le train d'atterrissage, la puissance ou la richesse n'est pas la même.

On termine enfin cette section en évoquant les causes « anormale » de défaillance physiologique, par opposition aux causes naturelles dues au propre fonctionnement de nos sens ou aux effets de l'altitude : consommation de produits licites (médicaments, alcool, café) ou illicites (drogues). Concernant la consommation d'alcool, la réglementation indique que pour pouvoir entreprendre un vol la concentration d'alcool doit inférieure à 0,2 g d'alcool par litre de sang ou 0,1 mg d'alcool par litre d'air expiré. Dans la pratique, il est sage de considérer aucune consommation d'alcool dans les 8 à 12 h précédant un vol. Pour ce qui est de la consommation de drogues, elle est tout simplement interdite.

D'une manière générale, il est important d'entretenir une bonne hygiène de vie lorsque l'on est amené à

occuper les fonctions de personnel navigant technique ou commercial. Avant de d'entreprendre un vol, on pourra par exemple s'interroger avec l'acronyme M.A-F.O.R.M.E. :

**M** –

**A** –

**F** –

**O** –

**R** –

**M** –

**E** –

### 6.3. Prise de décision et culture de la sécurité

Compte tenu des éléments présentés précédemment, il semble évident que malgré toutes les précautions que l'on pourra prendre, les accidents sont inévitables. Le mieux que l'on puisse faire est donc d'œuvrer pour limiter leur survenue. De nos jours, les pilotes sont donc formés à accepter et prendre en compte dans leurs raisonnements les erreurs qui peuvent être commises. Pour les aider dans la prise de décision, des outils sont mis en place pour partager les expériences de manière à pouvoir identifier et traiter les erreurs et menaces. Ainsi, avant un vol, l'équipage d'un avion prendra un temps pour effectuer un bilan des menaces ou les erreurs susceptibles de compromettre la sécurité du vol. Cela peut-être lié par exemple aux conditions météorologiques ou à leur évolution, à l'importance du trafic aérien le jour du vol, au remplacement d'un équipement de communication pour un modèle avec lequel le pilote n'est pas familier. . . La liste est loin d'être exhaustive.

Avec la formation, le pilote apprend à prendre des décisions en ayant à l'esprit la sécurité. En ce sens, les décisions parfois considérées comme des échecs (faire demi-tour ou se dérouter, exécuter une remise de gaz, . . .) sont dédramatisées et acceptées comme des procédures normales.

Le mécanisme de prise de décision s'appuie alors sur un processus particulier que l'on peut résumer par l'acronyme D.E.C.I.D.E :

**D** –

**E** –

**C** –

**I** –

**D** –

**E** –

Malheureusement ce processus de décision peut être influencé par des éléments variés tels que la pression temporelle ou sociale, la conscience personnelle du niveau de risque, les biais décisionnels qui peuvent perturber le jugement, le stress ou la fatigue, la personnalité du pilote, etc.