

**STAGE THÉORIQUE PPL**

# **FACTEURS HUMAINS**

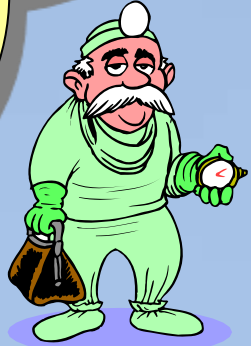
**PREMIÈRE PARTIE**

**NOTIONS D'AÉROMÉDECINE  
ET DE  
PHYSIOLOGIE EN AÉRONAUTIQUE**





**RÉGLEMENTATION ET MÉDICAL**  
**SÉCURITÉ DES VOLS ET FACTEURS HUMAINS**  
**LES CAUSES PHYSIQUES DU DANGER EN VOL**  
**L'OXYGÉNATION DU CERVEAU ET DES TISSUS**  
**LES BAROTRAUMATISMES - LA DÉCOMPRESSION**  
**LA VISION - ANATOMIE - PERFORMANCE - ILLUSIONS**  
**L'OUÏE - ANATOMIE - BAROTRAUMATISME - BRUIT**  
**LE SYSTEME VESTIBULAIRE ET L'ÉQUILIBRATION**  
**LES DÉSORIENTATIONS - LES ILLUSIONS**  
**ALIMENTATION - HYGIÈNE - RYTHME DE VIE**



## En guise d'introduction...

- ❑ Relative « jeunesse » de la Médecine aéronautique, devenue Médecine aérospatiale.
- ❑ « L'amélioration » de la sélection technique des pilotes ne fait plus progresser la sécurité.
- ❑ Découverte de l'importance des facteurs humains dans la sécurité des vols.

# Réglementairement :

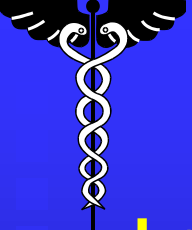


## Réglementairement :

**Le texte de référence  
dans le domaine de la médecine aéronautique,  
prend appui sur  
l'arrêté du 3 novembre 2011  
dénommé AIRCREW  
en conformité avec les directives européennes (EASA)**

**Il définit les Normes d'Aptitude Physique et Mentale,  
permettant la délivrance du certificat médical :**

- **de classe 1 (professionnels)**
- **de classe 2 (privés PPL) ;**
- **de classe LAPL (privés LAPL),**



## Les certificats d'aptitude médicale sont délivrés par :

Les Centres d'Expertise du Personnel Navigant

Trois sont gérés par des militaires :

Paris (CPEMPN de Percy)

Bordeaux

Toulon



Pour les Aptitudes de Classe 1, éventuellement 2 et LAPL.

Deux centres sont civils :

Toulouse

Roissy Air France



Non agréés pour les visites d'admission à la Classe 1,  
mais autorisés pour les aptitudes classe 1 et  
éventuellement classe 2 et classe LAPL.



## Les certificats d'aptitude médicale pour pilotes privés :

Les pilotes privés concernés uniquement pour l'utilisation d'une licence PPL et LAPL doivent donc détenir respectivement

- un certificat médical de classe 2 (PPL)
- un certificat médical de classe LAPL (LAPL),

L'obtention de ces deux certificats peut être obtenu par consultation dans la plupart des cas auprès des **Médecins agréés par la DGAC.**

Selon une **périodicité variable** avec l'âge du pilote :







## Selon une périodicité variable avec

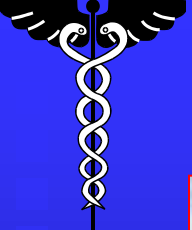
l'âge du pilote et la licence détenue :

**PPL**

- 1 an pour les plus de 50 ans ;**
- 2 ans entre 40 et 50 ans ;**
- 5 ans avant l'âge de 40 ans.**

**LAPL**

- 2 ans pour les plus de 40 ans ;**
- 5 ans avant l'âge de 40 ans.**



# Les dérogations sont du domaine du **Conseil Médical de l'Aéronautique Civile**

qui statue en général sur pièces ;

- en fonction du problème médical ;
- et en fonction de l'expérience du pilote.





# Sécurité des vols et facteurs humains



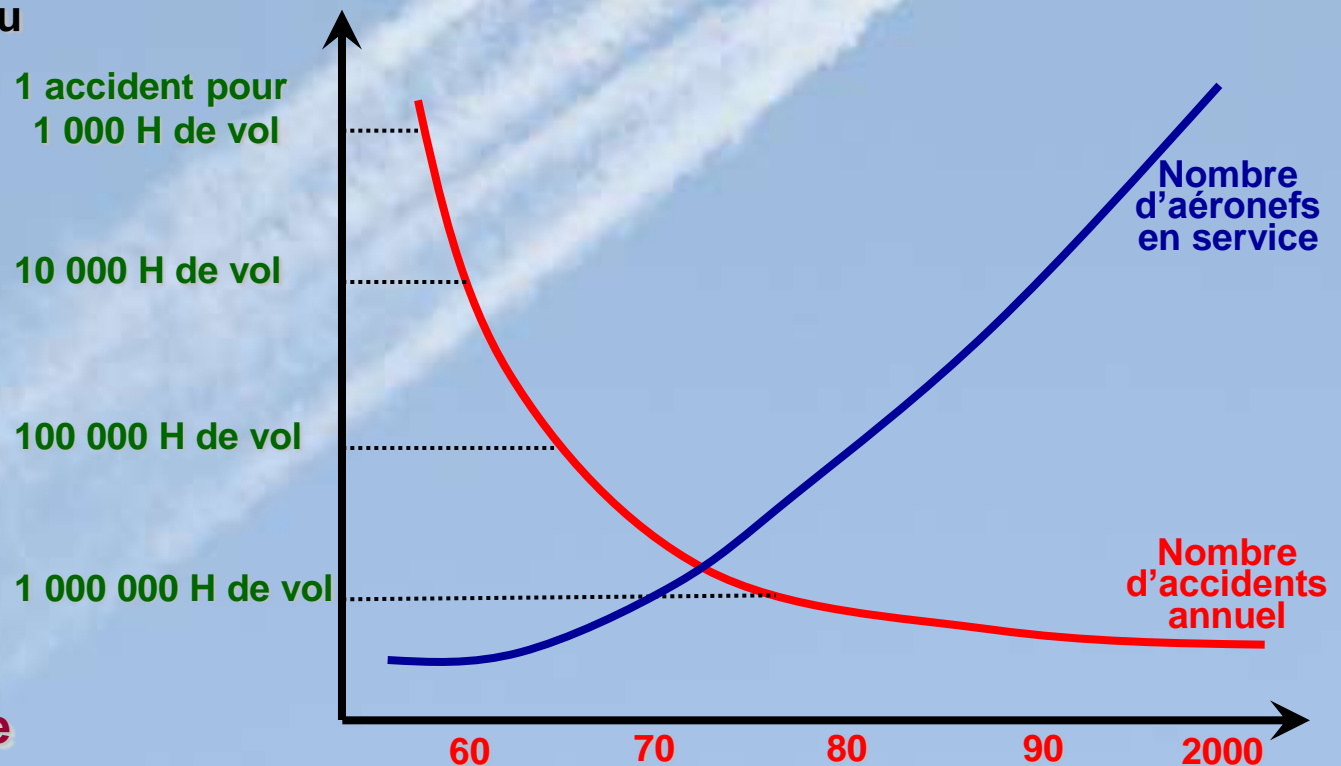
## ÉVOLUTIONS ET BILAN GÉNÉRAL

Globalement un très bon niveau général de sécurité mais qui n'évolue presque plus depuis vingt ans

Toutefois, compte tenu de l'augmentation exceptionnelle du trafic, on note quand même une hausse, importante de la sécurité.

Sur 30 dernières années, les causes d'accident sont :

- 85% le pilote
- 5% la météo
- 5% la maintenance
- 5% la conception



**LES FACTEURS HUMAINS SONT LA PRINCIPALE CAUSE D'ACCIDENT**



# Sécurité des vols et facteurs humains



## ÉVOLUTIONS ET BILAN GÉNÉRAL

Moyenne annuelle du nombre d'accidents d'aéronefs en France  
**300 accidents et 80 morts**

**94 %** de la totalité des accidents d'aviation en France proviennent  
du secteur « Aviation générale ».

**16 %** des accidents imputables à l'aviation générale sont mortels .

**LE NOMBRE D'ACCIDENTS D'AVION LÉGER** d'exploitation française  
survenus sur le territoire français **EST EN STAGNATION**  
depuis **UNE DIZAINE D'ANNÉES** (moyenne 150 et 40 morts par an).

Les accidents corporels représentent environ 25% du total

**LA SÉLECTION, pourtant optimisée, DES PILOTES  
N'ASSURE PLUS LA PROGRESSION DE LA SÉCURITÉ**



# Sécurité des vols et facteurs humains



## FACTEURS D'ALTÉRATION

### DIMENSION PHYSIOLOGIQUE ET PSYCHOMOTRICE

- L'altitude (pression, température, ...)
- Les limites physiologiques (oxygène, ...)
- Les accélérations radiales et autres
- Les illusions sensorielles
- L'hygiène de vie, la fatigue
- L'influence du vécu individuel
- Les contraintes environnementales
- Le stress et les impondérables
- La perte de références visuelles



### DIMENSION PSYCHOLOGIQUE ET GESTION DES RESSOURCES

- La connaissance imprécise
- L'incompréhension et l'inexpérience
- Le manque de jugement et de décisions
- L'incapacité de gérer des situations anormales





# Sécurité des vols et facteurs humains



## FACTEURS D'AMÉLIORATION

### DIMENSION PHYSIOLOGIQUE ET PSYCHOMOTRICE

- Connaissance des particularités de l'aéromédecine
- Adaptation de l'hygiène de vie aux contraintes
- Apprendre à mieux se connaître (Stress, fatigue,...)
- Consultation et surveillance physiologique
- Éviter la perte de références visuelles (VFR)
- Optimiser sa gestion du temps
- Entretenir sa forme physique



### DIMENSION PSYCHOLOGIQUE ET GESTION DES RESSOURCES

- Connaissance des facteurs humains
- Maintien et acquisition de connaissances
- Entraînement permanent
- Développement de la communication
- Organisation, méthodes, aides mémoires
- Respect des règles, consignes et niveau de compétence
- Régulation de la charge de travail et des priorités





# Causes physiques du danger en vol

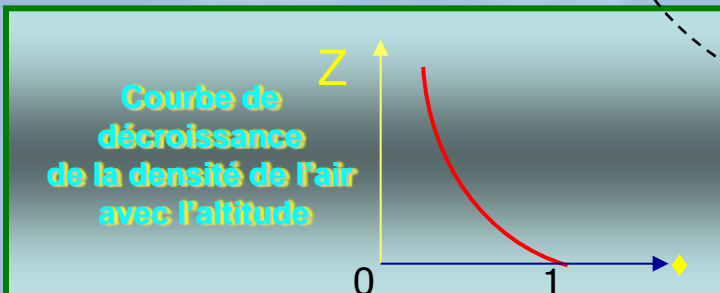


## COMPOSITION DE L'AIR EN TROPOSPHÈRE

78 % Azote.  
21 % Oxygène.  
1 % { Argon,  
Dioxyde de carbone  
et gaz rares.



Sous nos latitudes  
tropopause à 11 Km  
et - 56,5 ° en moyenne



PRESSION moyenne au sol 1013,2 HPa





# Causes physiques du danger en vol



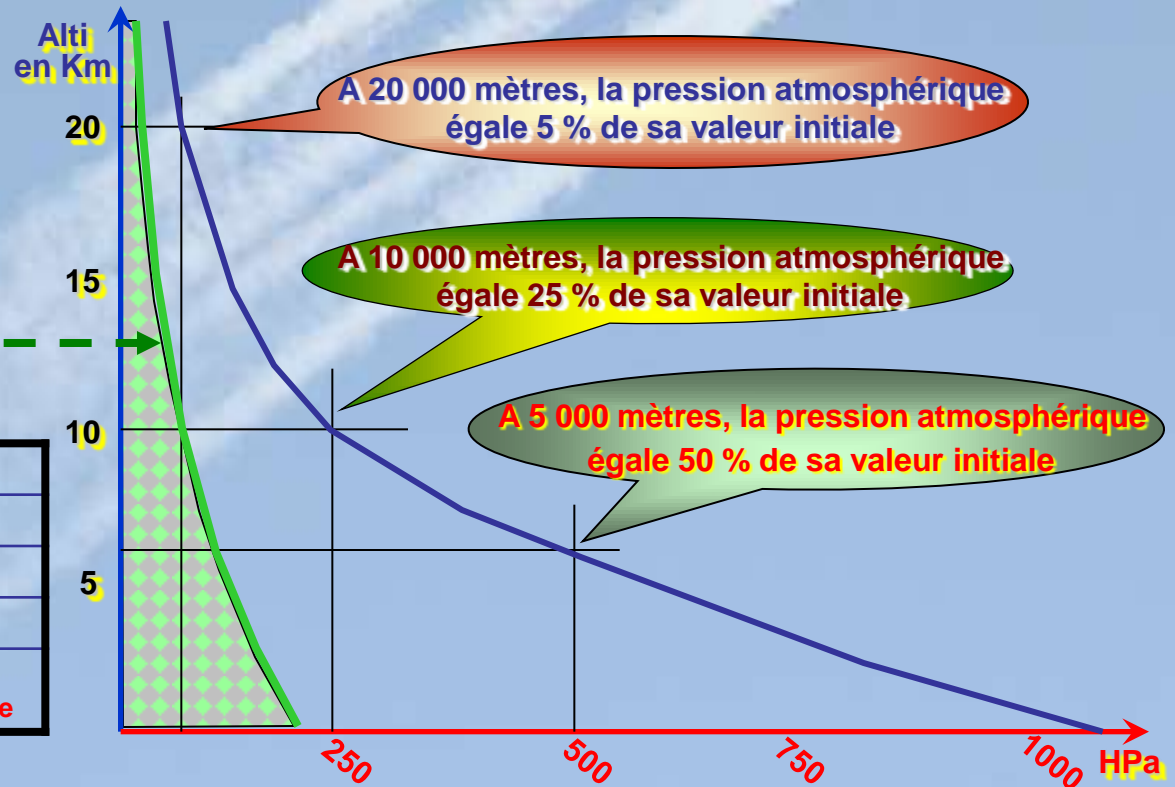
## DÉCROISSANCE LOGARITHMIQUE DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE AVEC L'ALTITUDE

### DÉCROISSANCE MOYENNE

- 1 HPa / 28 Ft (sol à 2500 Ft)
- 1 HPa / 30 Ft ( 3 300 Ft)
- 1 HPa / 37 Ft (10 000 Ft)
- 1 HPa / 56 Ft (20 000 Ft)
- 1 HPa / 81 Ft (30 000 Ft)

La pression partielle de l'oxygène diminue donc de la même façon avec l'altitude.

20 000 M	10	50
10 000 M	53	252
5 500 M	106	506
SOL	212	1013
	Pression partielle oxygène	Pression atmosphérique



Cette diminution de l'oxygène avec l'altitude affecte le fonctionnement général de l'individu et porte le nom d'HYPOXIE





# Causes physiques du danger en vol



## DÉCROISSANCE LINÉAIRE DE LA TEMPÉRATURE AVEC L'ALTITUDE

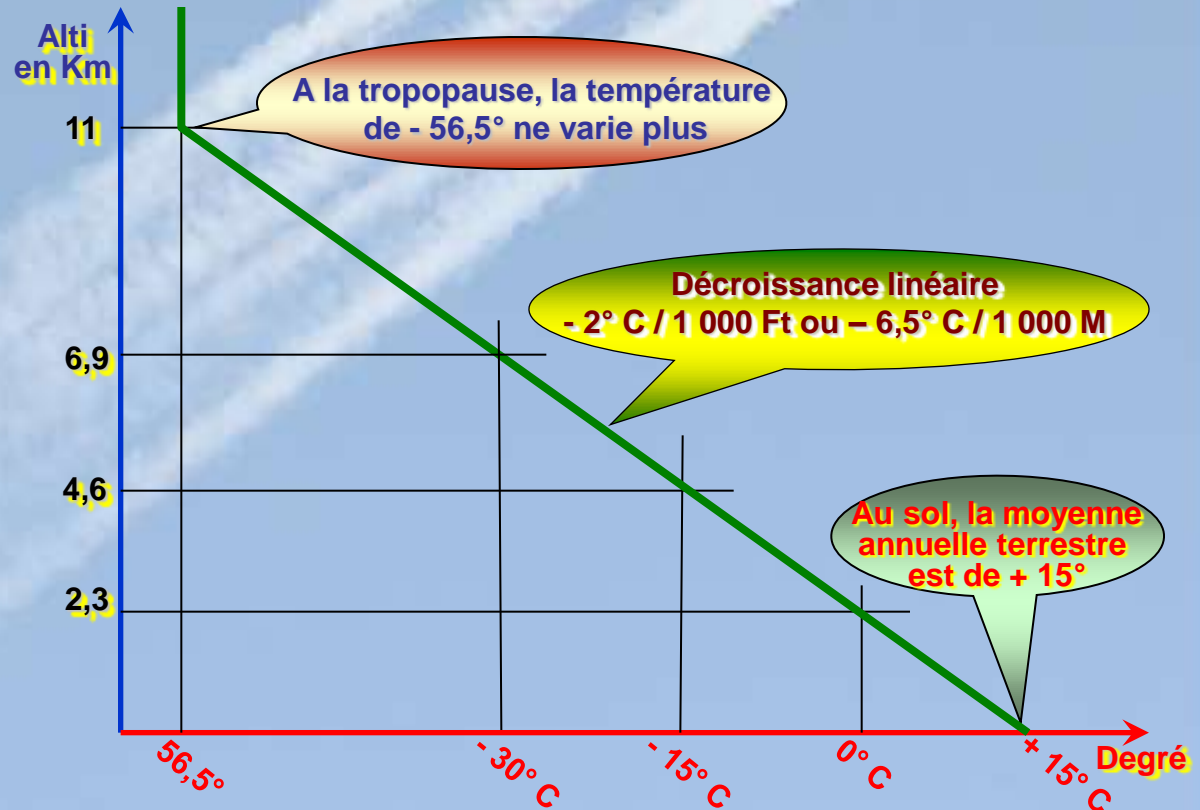
### DÉCROISSANCE LINÉAIRE

2 ° C par 1 000 Ft  
soit

6,5° C par 1 000 M  
du sol à la tropopause.  
Au-delà stabilisation  
température à - 56,5° C

#### TEMPÉRATURE STANDARD

15°	au sol
5°	5 000 Ft
- 5°	10 000 Ft
- 25°	20 000 Ft
- 45°	30 000 Ft



Cette diminution de la température avec l'altitude affecte la résistance et le confort de l'individu. Elle porte le nom d'HYPOTHERMIE



# Causes physiques du danger en vol



## INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

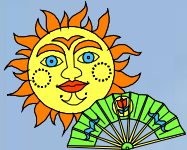
### ABAISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE (HYPOTHERMIE)



- ❖ Consommation accrue d'énergie donc épuisement plus rapide
- ❖ Résistance et volonté diminuées
- ❖ Réactions plus lentes
- ❖ Viscosité mentale accrue et jugement retardé
- ❖ Diminution de la température centrale de 25° entraîne la mort

### AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE ( HYPERTHERMIE)

- ❖ Hyperthermie apparaît à partir de 38°
- ❖ Augmentation de la circulation sanguine
- ❖ Accélération du rythme cardiaque et troubles
- ❖ Altération des facultés générales
- ❖ Déshydratation à partir de 40° et mort aux environs de 42°



**Les régulations métaboliques effectuées par l'être humain pour maintenir son corps à la bonne température finissent aussi par agir sur ses besoins fondamentaux**



# Causes physiques du danger en vol



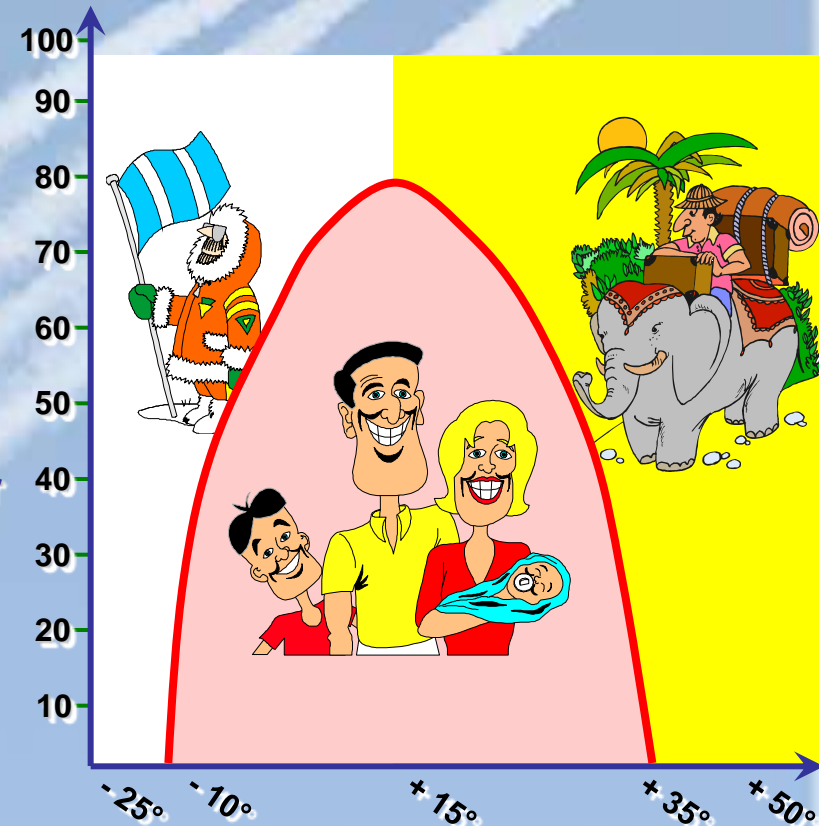
## ASSÈCHEMENT DE L'ATMOSPHERE AVEC L'ALTITUDE

**Humidité absolue** : quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air

- ☞ La masse de l'unité de volume d'air diminue avec l'altitude (pression - détente)
- ☞ Donc la quantité de vapeur d'eau par unité de volume diminue également.

**Humidité relative** : pourcentage de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la quantité maximale de vapeur d'eau dans l'air

- ☞ Les sensations physiologiques d'humidité ou de sécheresse sont dépendantes de la valeur de l'humidité relative (évaluation par rapport à la saturation).
- ☞ La notion de confort correspond à une humidité relative par rapport à une température.



**Courbe Sensation de confort**  
(Humidité relative et température)

**HYDRATATION DU CORPS EN CAS DE VOL PROLONGÉ EN HAUTE ALTITUDE  
ATTENTION BOISSONS GAZEUSES A PROSCRIRE (barotraumatisme)**



# Causes physiques du danger en vol



## TURBULENCES ET ACCÉLÉRATIONS

Ces deux notions affectent le confort, la disponibilité et le jugement mais peuvent occasionner des altérations physiologiques et des illusions engendrant des prises de décision erronées.

### DYNAMIQUE DU VOL SUR TROIS AXES

Axe avant - arrière : accélérations longitudinales et angulaires en roulis

Axe droite - gauche : accélérations latérales et angulaires en tangage

Axe tête - pied : accélérations radiales et angulaires lacet



**Seules les accélérations radiales peuvent déclencher des effets physiologiques importants**



**Les autres accélérations sont susceptibles d'être à l'origine d'illusions sensorielles**

ACCÉLÉRATION	CONSÉQUENCES
+ 2 G	Sensations de compression, Tête et membre lourds
+ 3 G	Mêmes sensations mais accentuées Augmentation des fréquences cardiaque et respiratoire
+ 4 G	Perte de la vision périphérique Altération de la vision centrale (voile gris)
+ 5 G	Perte de la vision centrale (voile noir)





# Causes physiques du danger en vol



## CONSTAT RÉCAPITULATIF

- La pression barométrique ainsi que l'oxygène diminuent engendrant donc des risques d'hypoxie ;
- Les volumes gazeux augmentent d'où des problèmes de barotraumatismes et de maladies de décompression ;
- La température diminue avec des risques d'hypothermie, des réactions plus lentes et une certaine viscosité mentale ;
- Le degré hygrométrique diminue d'où déshydratation (pour devenir presque nul à 10000 m).

**PLUS LE PILOTE PROGRESSE EN ALTITUDE  
PLUS SON ADAPTATION DEVIENT DIFFICILE**





# Les facteurs humains en aéronautique



Ces différents facteurs de l'atmosphère variables avec l'altitude affectent l'organisme humain

## Les niveaux de perturbation induisent:

- ❖ Des problèmes d'ordre physiologique et barotraumatique ;
- ❖ Des problèmes liés à l'oxygénation du cerveau et des tissus ;
- ❖ Des problèmes de désorientation spatiale et des illusions diverses ;
- ❖ Des problèmes d'ordre psychologique.



Le personnel navigant n'échappe naturellement pas à ces dysfonctionnements. Ceux-ci peuvent altérer leur santé, leur jugement, leurs décisions et donc **LEUR SÉCURITÉ ET CELLE DES VOLS.**



# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

- ❑ Principale source d'énergie fournie à l'organisme : L'OXYGÈNE
- ❑ Convoyeur : l'hémoglobine du sang qui se charge en fonction de la pression partielle d'oxygène fournie
- ❑ Diminution de la pression  $O_2$  avec l'altitude engendre manque d'oxygène pour l'ensemble de l'organisme

### SENSIBILITÉS A L'HYPOXIE ACCRUE SI :

- Forte amplitude de diminution de pression
- Vitesse de diminution de pression importante
- État de santé du pilote altéré (cardiaques, asthmes)
- Consommation de tabac, alcool, drogues
- Fatigue du pilote, anémie, don du sang
- Environnement froid





# L'oxygénation du cerveau et des tissus

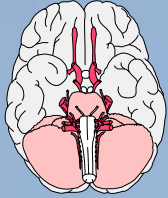


## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

## ORGANES TOUCHÉS :

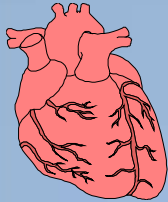
### ▪ CERVEAU

Consomme à lui seul 20% de l'oxygène fourni.  
Comportement et capacité de raisonnement altérés



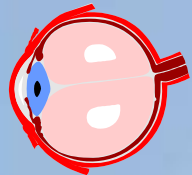
### ▪ CŒUR

Accélération du rythme cardiaque.  
Augmentation du débit cardiaque.  
Modification de l'électrocardiogramme.



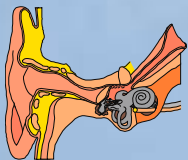
### ▪ OEIL

Troubles de l'accommodation.  
Rétrécissement du champ visuel.  
Altération de la vision des couleurs.  
Dégradation de la vision du relief.  
Vasodilatation rétinienne avec risque d'hémorragies.  
Augmentation du tonus oculaire.



### ▪ OREILLE

Baisse de l'acuité auditive à partir de 5000 m  
(d'abord sur les aigus).







# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

### SYMPTOMATOLOGIE

De 15 000 à 20 000 Ft  
Céphalés - Somnolence  
Défauts de coordination  
Comportement et vision altérés



20 000 Ft



15 000 Ft



10 000 Ft

De 5 000 à 10 000 Ft  
Risque de gêne respiratoire  
pour fumeurs et asthmatiques  
Diminution self-contrôle

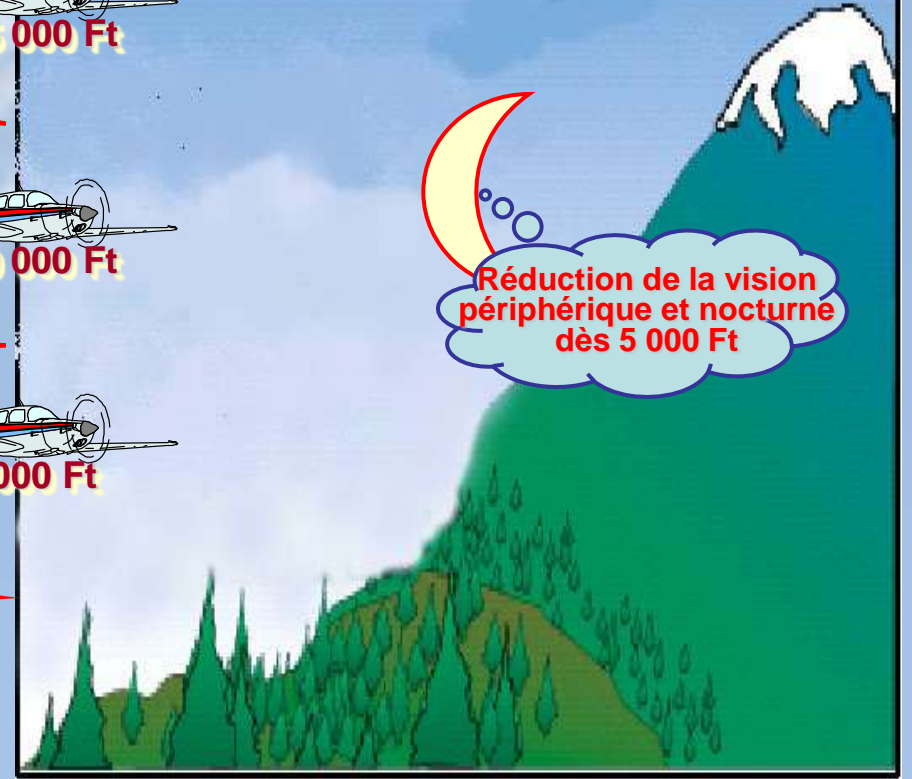


5 000 Ft

De 0 à 5 000 Ft  
Aucune manifestation  
généralement

Au-dessus de 20 000 Ft  
Perte de conscience Palpitations  
Hyperventilation - Convulsions

Réduction de la vision  
périphérique et nocturne  
dès 5 000 Ft





# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

Les effets principaux sont essentiellement neurologiques

Une baisse de la pression d'oxygène dans l'air inspiré provoque une dégradation des fonctions psychiques et nerveuses ; l'analogie avec l'ébriété alcoolique a fait parler d'ivresse des hauteurs.





# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

Les effets principaux sont essentiellement neurologiques

- ❖ **Le jugement est la première faculté atteinte ;**
  - pas d'autocritique donc de réaction ;
  - manifestations psychoaffectives signalées mais non perçues comme étant anormales.
- ❖ **Facteurs aggravants :**
  - alcool, tabac ;
  - temps d'exposition (vol prolongé) ;
  - hypoglycémie (pilote à jeun) ;
  - repas trop copieux ;
  - stress, anxiété (causes privées, professionnelles) ;
  - mauvaise préparation du vol.

**PISTE A ENVISAGER : LIMITER CES ALTÉRATIONS  
PAR LA DIMINUTION DU TRAVAIL CÉRÉBRAL EN VOL  
IMPLIQUENT  
BONNE PRÉPARATION DU VOL ET ORGANISATION A BORD**



# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

### Traitement de l'hypoxie :

- 3 à 4 inspirations profondes et diminution du rythme respiratoire (12 ventilations / mn) ;
- équipement nécessaire au-dessus de 12 500 Ft pour le pilote et de 14 500 Ft pour les passagers ;
- interdiction de fumer à bord ;
- mise en marche de l'équipement d'oxygène (si disponible) .

FL 200 Pressurisation obligatoire

FL 145 Système d'inhalation + Réserve Oxygène pour équipage et passagers (calculée pour toute la durée du vol à ce niveau).  
Emploi obligatoire pour pilote

FL 125 Système d'inhalation + Réserve d'Oxygène pour équipage (calculée pour toute la durée du vol à ce niveau)  
Emploi recommandé pour pilote





# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPOXIE D'ALTITUDE

### TEMPS DE CONSCIENCE UTILE

Altitude	Temps de conscience utile
45,000 feet MSL	9 to 15 seconds
40,000 feet MSL	15 to 20 seconds
35,000 feet MSL	30 to 60 seconds
30,000 feet MSL	1 to 2 minutes
28,000 feet MSL	2 1/2 to 3 minutes
25,000 feet MSL	3 to 5 minutes
22,000 feet MSL	5 to 10 minutes
20,000 feet MSL	30 minutes ou plus

**DÉLAI DE RÉACTION OPÉRATIONNEL FACE A L'HYPOXIE  
EN CAS DE DÉCOMPRESSION BRUTALE EN ALTITUDE**



# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPERVENTILATION

Le rythme de la respiration est fonction de la quantité de gaz carbonique dans le sang et au niveau des poumons (rythme normal : 12 à 14 mouvements par minute).

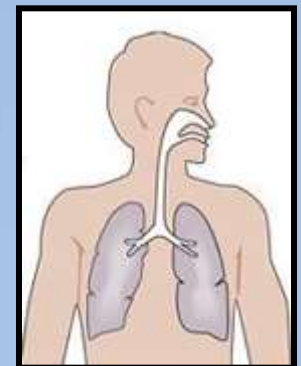
L'hyperventilation est une respiration trop rapide causée par : le stress, l'anxiété, une concentration ou une crainte excessives.

### CONSÉQUENCES :

Modification du pH sanguin (hypocapnie)  
Action sur la vascularisation du cerveau par constriction.

Ce qui provoque un **déficit d'oxygénation du cerveau** avec :

- sensation d'étourdissement, de fourmillements de froideur aux lèvres et spasmes musculaires ;
- sensation de malaise, nausées, frissons ;
- augmentation du rythme respiratoire et donc aggravation des symptômes...





# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'HYPERVENTILATION

### TRAITEMENT

- Se calmer, énoncer les actions, ne pas parler, se concentrer ;
- Ralentir le rythme ventilatoire vers 12 à 14 cycles par minute ;
- Retenir sa respiration pendant quelques secondes ;
- Respirer un air enrichi en CO<sub>2</sub> (sac plastique) ;
- Surveiller les risques d'hypoxie.








# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'INTOXICATION PAR OXYDE DE CARBONE

-  L'oxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore, produit par une combustion incomplète.
-  Les symptômes d'intoxication au CO sont insidieux : maux de tête, incapacité à se concentrer.
-  En vol, un pot d'échappement percé peut créer une intoxication.







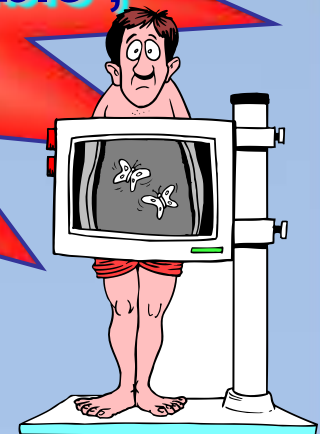
# L'oxygénation du cerveau et des tissus



## L'INTOXICATION PAR OXYDE DE CARBONE

### EN CAS DE SUSPICION D'INTOXICATION

- Fermer le chauffage ;
- Ouvrir toutes les ventilations ;
- Utiliser de l'oxygène si disponible ;
- Descendre et se poser dès que possible ;
- ....et consulter un médecin.





# Les barotraumatismes - la décompression



## LES BAROTRAUMATISMES

### PRINCIPE PHYSIQUE

Loi de Boyle - Mariotte sur l'air :  $PRESSION \times VOLUME = CONSTANTE$



**VOL EN MONTÉE**  
**PRESSION ATMOSPHÉRIQUE DIMINUE**  
**VOLUME DES GAZ AUGMENTE**

### CONSÉQUENCES



Toutes les structures internes du corps humain remplies d'air se dilatent.



Ce phénomène peut provoquer naturellement douleurs et problèmes au niveau de certains organes.



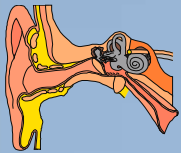
# Les barotraumatismes - la décompression



## LES BAROTRAUMATISMES

### ORGANES SENSIBLES

D  
E  
S  
C  
E  
N  
T  
E



#### OREILLES :

INTERNE : Risque de vertiges

MOYENNE : Apparitions d'otites barotraumatiques  
avec risque de perforation tympanique

#### SINUS :

Déclenchement de sinusites barotraumatiques  
Douleurs faciales ;



#### DENTS :

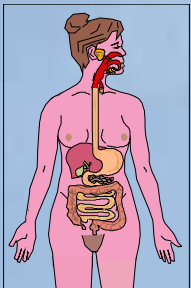
Aéro-odontalgies Si caries mal soignées ;



M  
O  
N  
T  
É  
E

#### TUBE DIGESTIF ET INTESTINAL:

Distension des parois gastriques et intestinales  
Ballonnements ou violentes douleurs abdominales .









# Les barotraumatismes - la décompression



## LES BAROTRAUMATISMES

### PRÉCAUTIONS

-  **Ne pas voler lorsqu'on présente une pathologie ORL en COURS** (arrêt de travail immédiat pour le personnel navigant).
-  **Vérification et soins dentaires périodiques** (bien obturer les canaux lors d'une désensibilisation, ...).
-  **Éviter les repas trop importants avant de voler.**
-  **Pressuriser les avions à partir d'une certaine altitude.**

**SEUL REMÈDE EN CAS DE MALAISE**

# LA DESCENTE



# Les barotraumatismes - La décompression



## LES ACCIDENTS DE DÉCOMPRESSION

### PRINCIPE

- ◆ Le sang et les tissus contiennent environ 1 litre d'azote dissous.
- ◆ En cas de décompression, l'azote transporté dans le sang se diffuse à l'état gazeux d'où formation de bulles générant de vives douleurs articulaires, musculaires et pulmonaires.
- ◆ De plus sa solubilité diminue inégalement selon les tissus.

*il existe donc plusieurs compartiments  
dans l'organisme avec*

*des vitesses d'élimination différentes (lors de la montée).*

### MÉCANISME DE RÉGULATION

Circulation sanguine sollicitée pour évacuer l'azote vers les poumons.  
Transfert de l'azote des poumons vers l'extérieur par expiration.

### PRÉCAUTION

**Respect du temps d'élimination de l'azote en excès dans les tissus.**



# Les barotraumatismes - La décompression



## LES ACCIDENTS DE DÉCOMPRESSION

La symptomatologie dépend des zones touchées

### Formes bénignes

- ❖ Arthralgies (bends) : douleurs articulaires ou sensations de déchirement (épaule, genoux, poignets).
- ❖ Accidents cutanés (puces ou creeeps): démangeaisons, fourmillements sur le tronc (face antérieure du thorax) ;

### Formes graves

La pneumatose de décompression (fréquente chez les plongeurs), douleurs thoraciques, toux sèche, gêne et difficulté respiratoire ... ) ;

- ❖ Accident médullaire : ramollissement au niveau de la moelle épinière, (douleur intense à la colonne vertébrale, picotements dans membres, engourdissement, paralysie,...) ;
- ❖ Accidents cérébraux : manifestations nerveuses (névralgies ,céphalées,troubles visuels, délire, convulsion, vertige, ...).



## LES ACCIDENTS DE DÉCOMPRESSION

### CHECK-LIST ZÉRO DÉCOMPRESSION

- ❖ Vitesse de montée inférieure à 700 Ft / minute (si temps de montée long);
- ❖ Limitation du temps passé à haute altitude (supérieure à 4000 m) ;
- ❖ Ascensions rapprochées à proscrire ;
- ❖ Augmentation des risques avec l'âge ;
- ❖ Obésité et régime riche en glucose : facteurs de risques ;
- ❖ Délai de repos après plongée sous-marine :
  - 24 H minimum si palier de décompression, ou vol > 8 000 Ft
  - 12 H minimum si absence de palier et vol < 8 000 Ft ;
- ❖ Inhalation de l'oxygène aux altitudes élevées.
- ❖ Obligation de pressuriser les cabines au-delà du FL 200.



# Capacités perceptives - Les sens



## PERCEPTION SENSITIVE

- ❑ Les sources d'information : les sens et la proprioception (vision, audition, odorat, goût, toucher, muscles, peau, ..) .
- ❑ Le sens de l'équilibre et de l'orientation dans l'espace repose habituellement sur 3 types de source :
  - **L'OEIL** (sensations visuelles) ;
  - **LES MUSCLES, LES OS, LES ARTICULATIONS** (sensations kinesthésiques) ;
  - **L'OREILLE INTERNE** (sensations VESTIBULAIRES) .
- ❑ L'environnement social, climatique, l'expérience, l'état de santé, la fatigue participent également à la sélection et à l'interprétation des informations fournies au cerveau.





# Capacités perceptives - Les sens



## REPRÉSENTATION MENTALE

- ❑ Le cerveau possède une sélectivité remarquable
- ❑ Construction de la situation et de la position de l'individu fabriquée par notre cerveau en fonction des informations reçues
- ❑ Représentation mentale anormale d'une situation si :

- une source sensitive manquante ou aberrante par rapport aux infos transmises par les autres sens ;
- absence de recalage par référentiel extérieur (ex : IMC)
- incompréhension d'une situation

**RÉSULTAT : INTERPRÉTATION DOUTEUSE**





# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ANATOMIE DE L'OEIL

### LA CORNÉE

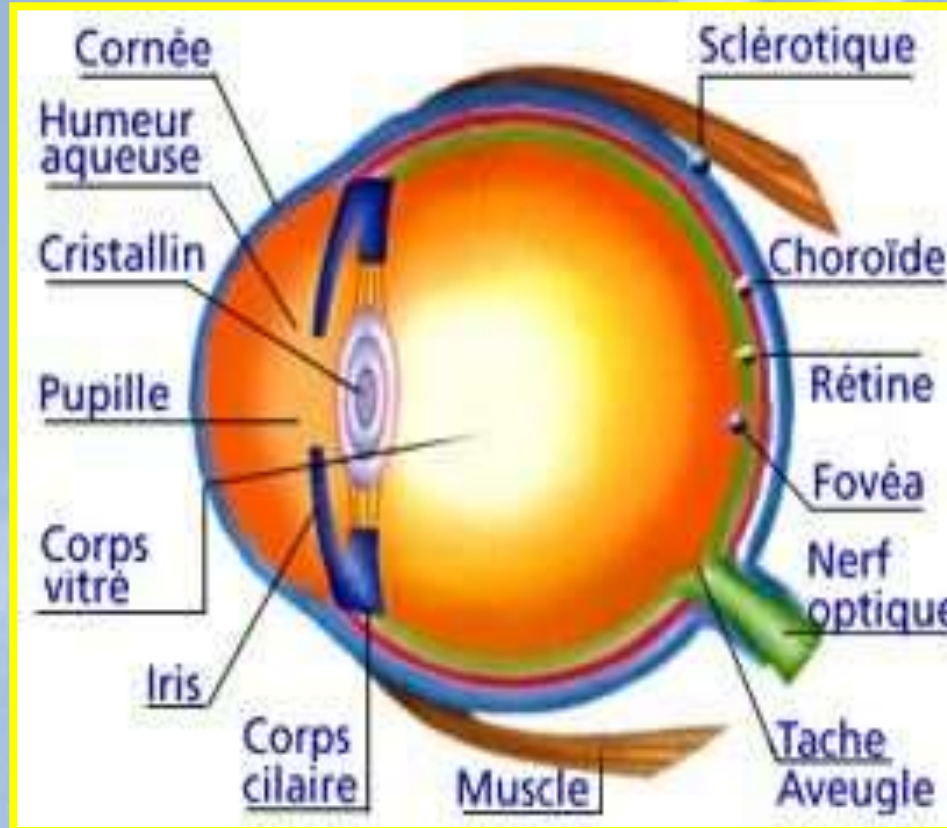
Enveloppe  
translucide  
de l'oeil

### LE CRISTALLIN

Lentille  
autofocus

### LA PUPILLE

Orifice  
central  
de l'iris



### L'IRIS

Diaphragme de l'oeil

### LA TÂCHE AVEUGLE

Point d'attache du nerf optique

La vision : système  
sensoriel dominant.  
(70% des infos)

### LA RÉTINE

Capteur de la vue  
composé de 108  
millions de cellules  
(cônes et bâtonnets)

### LA FOVÉA

Région de plus  
grande acuité  
visuelle



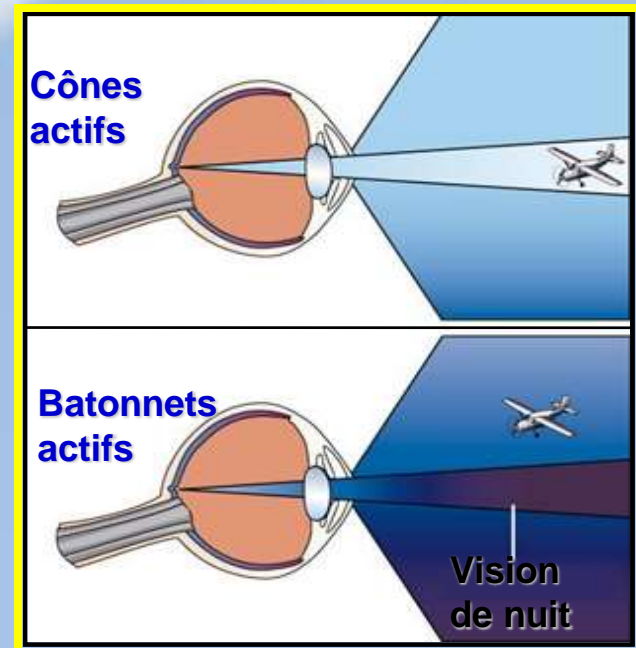
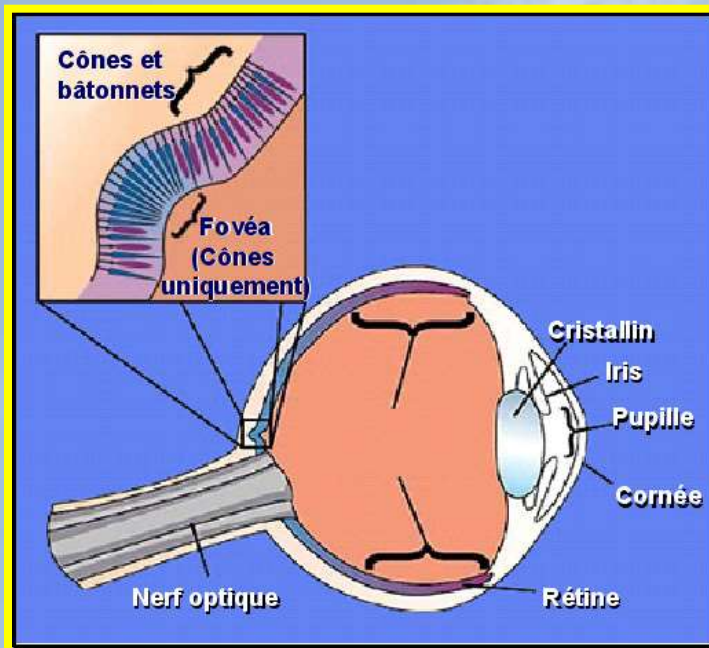
# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## SPÉCIFICITÉS DE LA VISION

La « partie noble » de l'œil est constituée par la rétine qui contient 2 types de cellules dédiés à la vision :

- **Les cônes**, destinés à la vision de jour ou de précision, regroupés au centre près de la **fovéa** ;
- **Les bâtonnets**, répartis en périphérie et utilisés en vision nocturne (ils sont 1000 fois plus sensibles que les cônes).



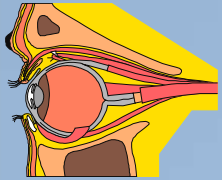


# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## SPÉCIFICITÉS DE LA VISION

Deux types de vision sont utilisés simultanément :



- **la vision centrale** : distinction des couleurs et des détails pour la reconnaissance des objets et la lecture de précision (cônes) ;
- **la vision périphérique** : perception des mouvements, des contrastes et des formes générales. Participation à la notion d'horizontalité (bâtonnets).

**La représentation mentale et la vision en relief sont élaborées par le cerveau en fonction des signaux envoyés par les visions centrale et périphérique mais aussi par l'ensemble de nos autres capteurs et sens**

La zone aveugle de chaque œil est normalement compensée par la vision binoculaire et les mouvements oculaires réflexes.

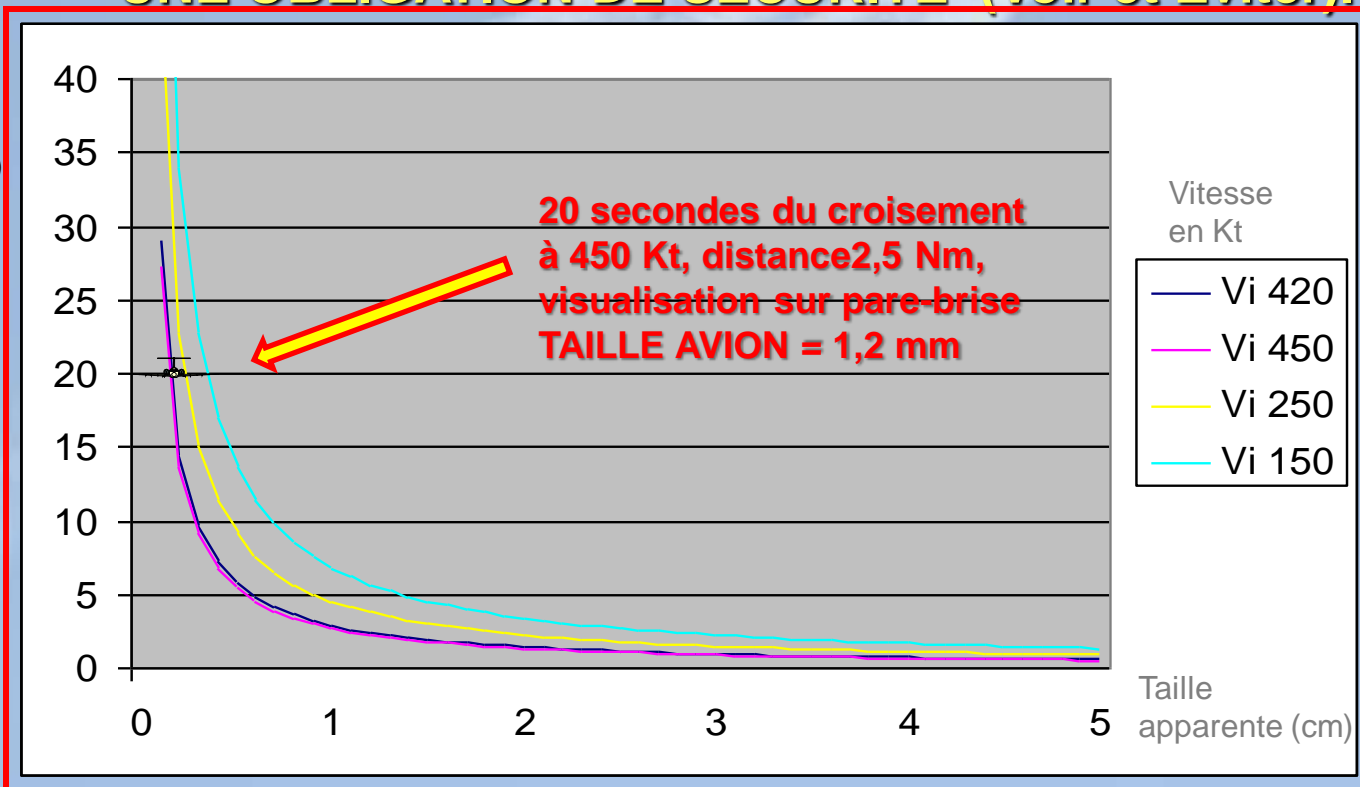


## VIGILANCE VISUELLE

En rapprochement, la vitesse des deux aéronefs s'ajoute, donc le temps de réaction diminue.

**L'observation constante à l'extérieur est donc UNE OBLIGATION DE SÉCURITÉ (Voir et Eviter).**

Temps restant avant croisement (s)



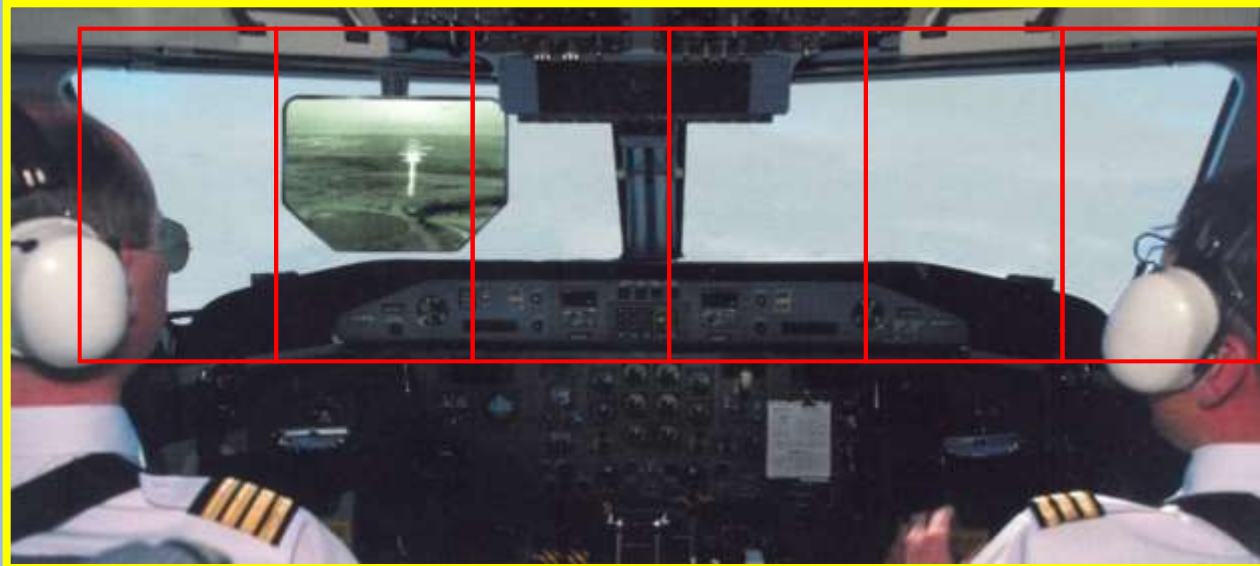
Nota : Taille apparente en cm dans un plan situé à 70 cm de l'observateur



# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## QUELQUES REMÈDES POUR OPTIMISATION DE LA VISION ET AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ



### REGARDER OU VOIR

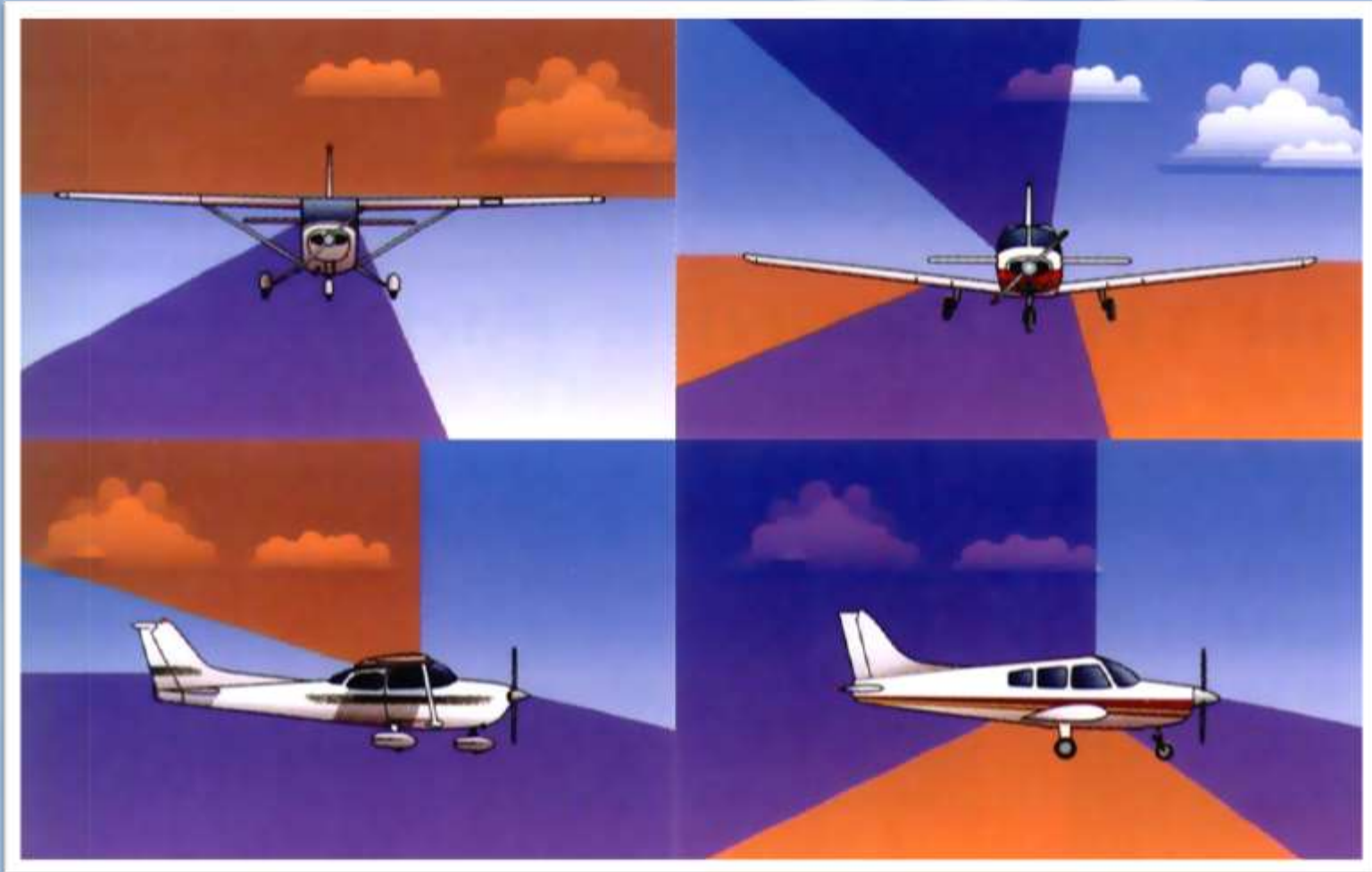
- ❖ **Vision centrale efficace quand immobile**
- ❖ **Vision périphérique opérationnelle pour détecter les mouvements environnants si œil immobile**
- ❖ **Difficulté d'accommodation si contraste élevé**
- Éviter le balayage rapide de l'horizon
- Diviser le champ de vision externe
- Séquencer le regard,
- Mettre au point au centre du secteur choisi
- Limiter les regards prolongées vers sources lumineuses intenses



# *La vision - Anatomie - Performance - Illusions*



## OPTIMISATION ET AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ PRENDRE CONSCIENCE DES ANGLES MORTS

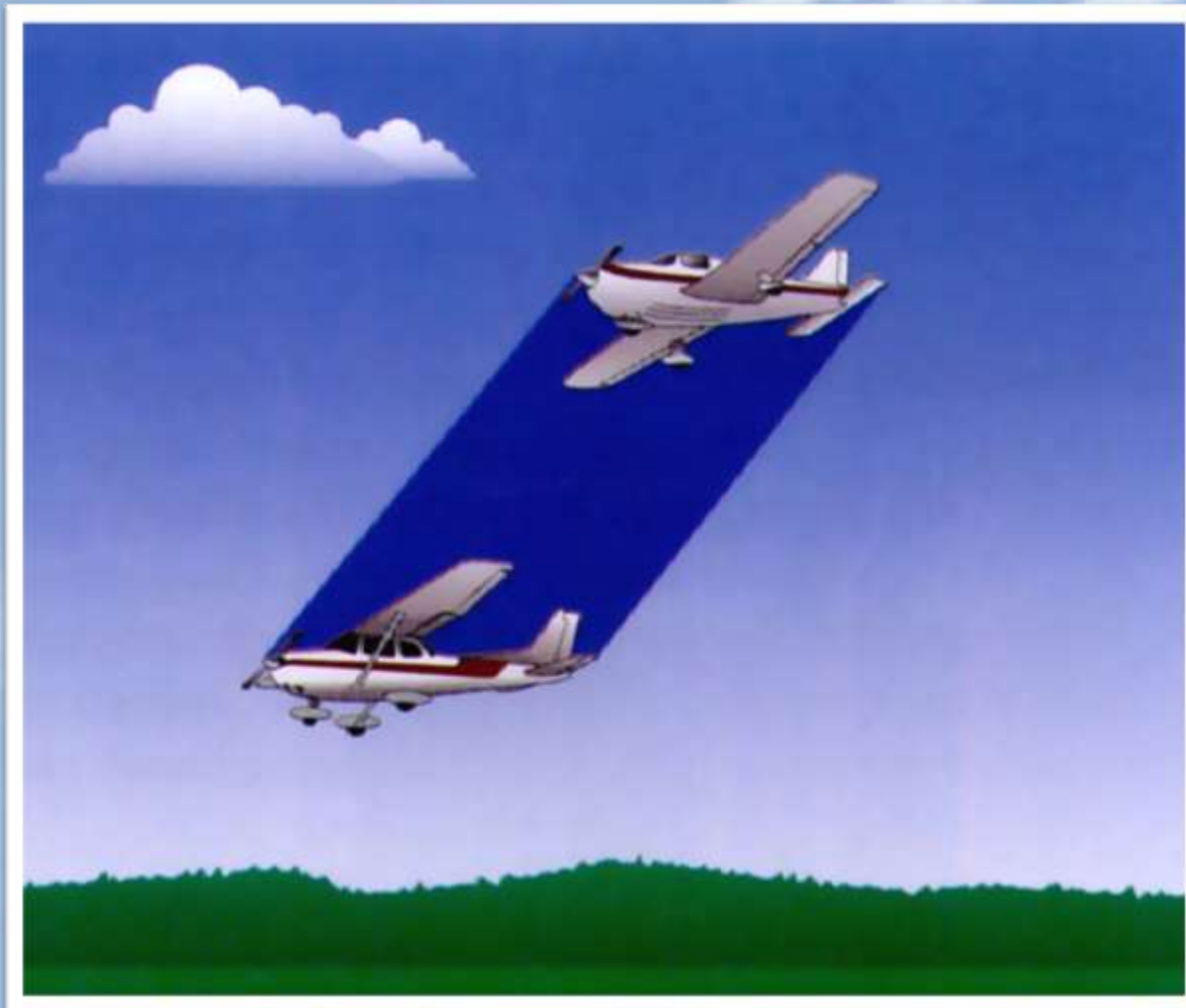




# *La vision - Anatomie - Performance - Illusions*



**OPTIMISATION ET AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ**  
**PRENDRE CONSCIENCE DES ANGLES MORTS**





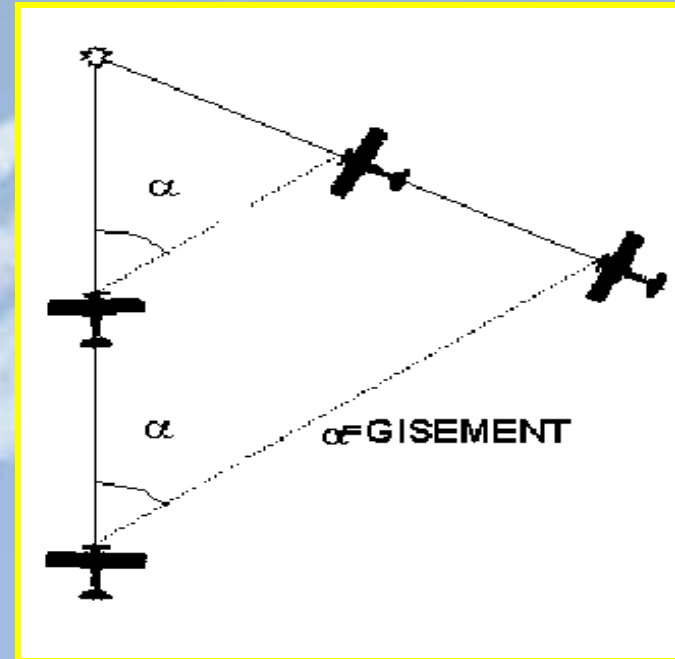


## VIGILANCE VISUELLE

### ■ RAPPROCHEMENT A GISEMENT CONSTANT

**L'immobilité apparente est particulièrement pénalisante car :**

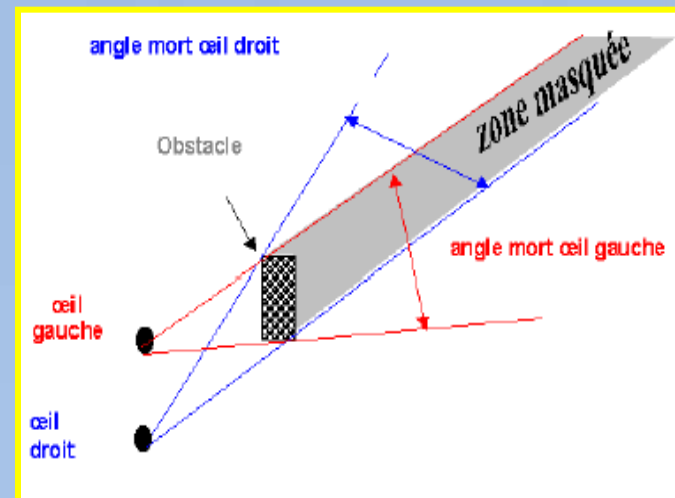
- la détection est habituellement exercée en vision périphérique ;
- mais la vision périphérique est surtout stimulée par le mouvement...



### ■ ANGLES MORTS ET TÂCHE AVEUGLE

**La conjugaison du physique et du physiologique peut annuler toute chance de perception**

- Les angles morts (montant de la cellule, ...)
- Occurrence de coïncidence entre la tâche aveugle d'un œil et l'angle mort de l'autre





# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## VIGILANCE VISUELLE

**ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION**

**LE CERVEAU CORRIGE EN PERMANENCE LA VISION RECUE  
ET LES SENSATIONS KINESTHÉSQUES ET VESTIBULAIRES  
PAR UN RECALAGE SUR UNE RÉFÉRENCE VISUELLE**

**En conditions VMC,  
la vue est le sens primordial.**

**En conditions IMC,  
et sans compétence de l'I.F.R.,  
la vue ne peut corriger  
les illusions des autres sens.  
ESPÉRANCE DE VIE = 178 s**





## SPÉCIFICITÉS DE LA VISION

### CHAMP VISUEL DE L'ORDRE DE 200 DEGRÉS

#### DIMINUTION DE L'ACUITÉ VISUELLE :



**avec l'âge : 1/10 tous les 10 ans au-dessus de 50 ans.**



**avec l'obscurité : champ visuel rétréci d'un sixième  
acuité passe de 10/10 à 1/10.**



**en cas de défaut optique :**

**Myopie** : affection de la vision éloignée

**Hypermétropie** : affection de la vision de près

**Astigmatisme** : anomalie de la vision en perspective

**Presbytie** : Défaut d'accommodation en vision de près

**Strabisme** : défaut de convergence des axes visuels

**Cataracte** : opacification du cristallin.



**avec certaines maladies : diabète, dégénérescences, ...**



## SPÉCIFICITÉS DE LA VISION

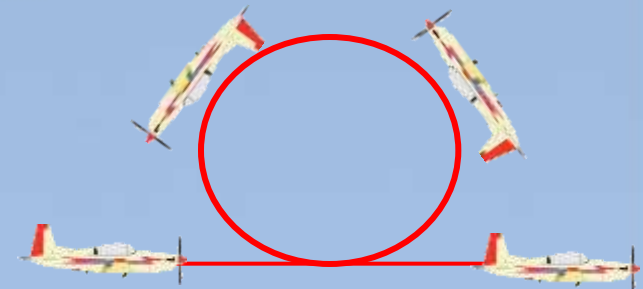
### EFFET DES ACCÉLÉRATIONS

**Sous facteur de charge en linéaire (ou) (et) soumis à une mise en roulis la circulation sanguine subit des altérations qui peuvent modifier la vision, générer des illusions et provoquer des désorientations spatiales.**

#### ACCÉLÉRATION POSITIVE CONSTANTE

Sang du cerveau vers les pieds

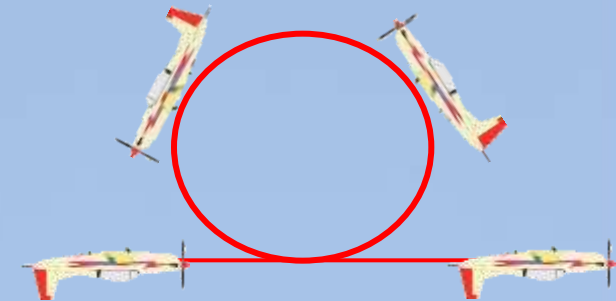
- 2 G - Champ visuel rétréci - Tassement
- 4 G - Voile gris - Acuité visuelle faiblit
- 5 G - Voile noir - Perte de conscience



#### ACCÉLÉRATION NÉGATIVE CONSTANTE

Sang des pieds vers lecerveau

- - 2 G - Yeux gonflés - Visage sanguin
- - 3 G - Baisse de la vision
- - 5 G - Voile rouge - Perte de conscience





# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION



**Le processus de la vision**

- l'œil, capteur d'infos
- le cerveau, récepteur
- Analyse
- Interprétation
- Compréhension
- Adaptation au vécu

**Représentation mentale**  
**Plan d'action conséquent.**





## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION



Les lignes sont-elles parallèles ou courbées?



## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION





## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION

**La vision centrale permet d'examiner les détails, MAIS le jugement** du pilote **est configuré**, pour un certain nombre de tâches (exemple : approche et arrondi) sur des **expériences antérieures** ou des **idées préconçues**.



- La forme de la piste en approche est une donnée mémorisée par le cerveau.
- La taille des objets courants (exemple : des arbres) est utilisée de manière inconsciente par le cerveau pour estimer la hauteur au-dessus du sol.

**TAILLE OU FORME PERCUES DIFFÉREMMENT A L'HABITUDE,  
INTERPRÉTATION DU CERVEAU ERRONÉE  
APPROCHES OU ARRONDIS TROP HAUTS OU TROP BAS**



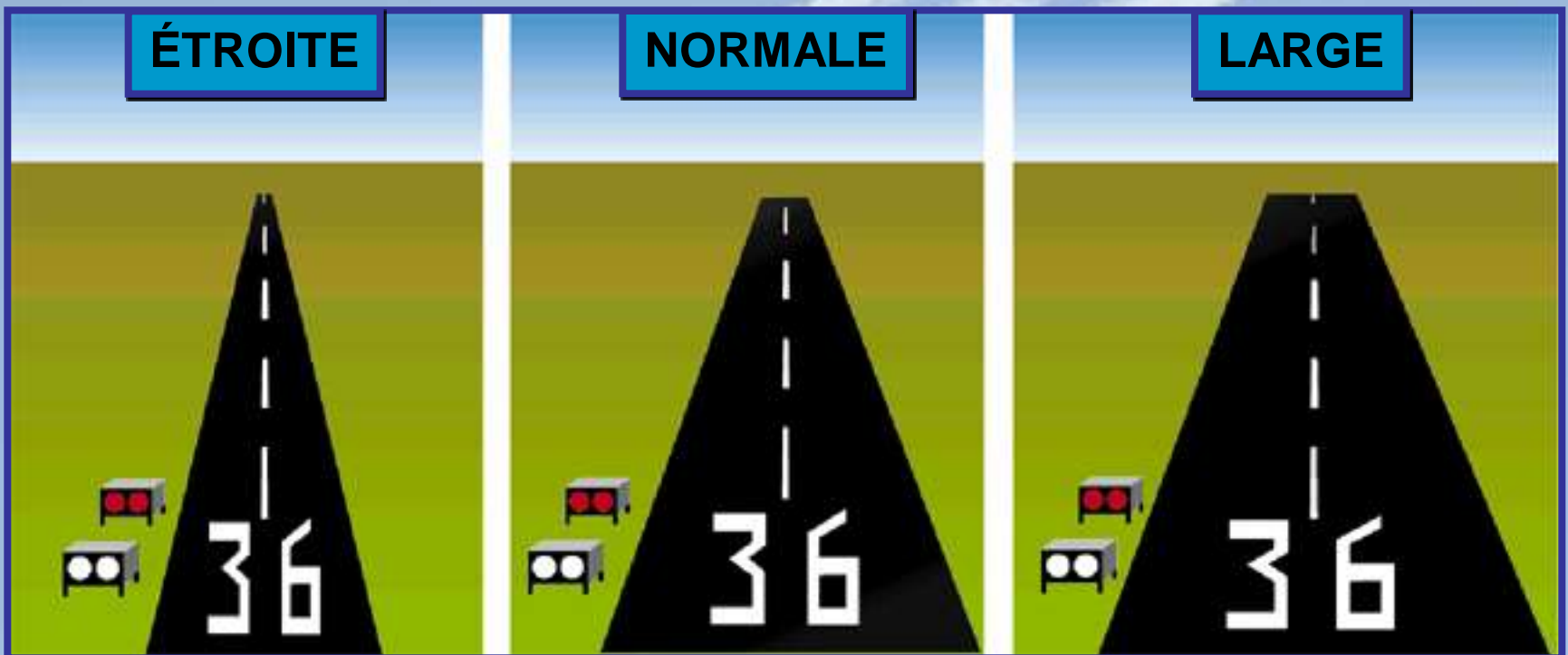


# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION

PISTE DE MÊME LONGUEUR VUE DU MÊME POINT D'APPROCHE



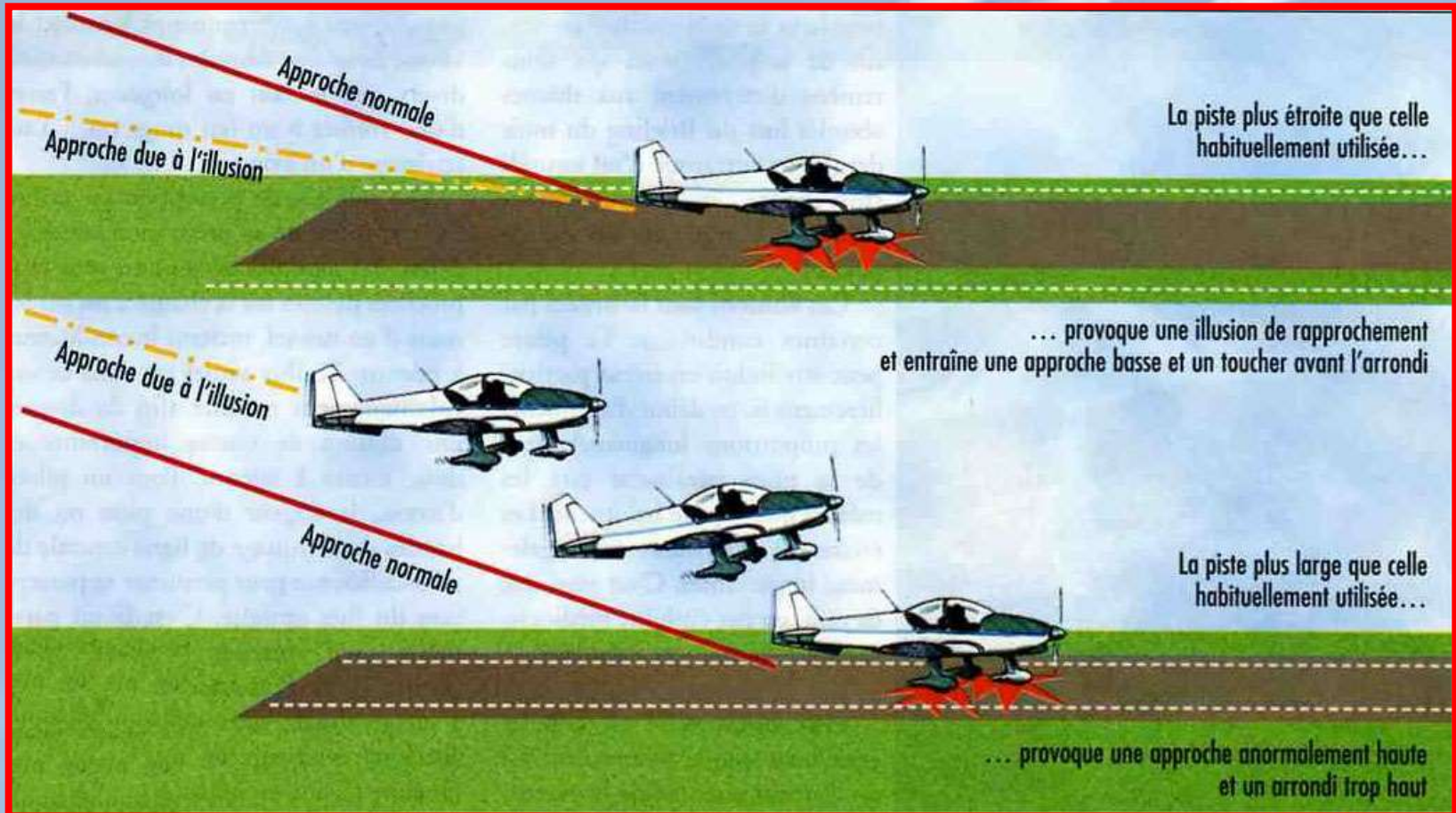
RISQUE D'ERREUR POUR LE PLAN D'APPROCHE



# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION



# TRAJECTOIRES D'APPROCHE ET ARRONDI



## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION

### SYNTHÈSE DES ILLUSIONS EN APPROCHE

SITUATION	ILLUSION	CONSÉQUENCE
Piste ou sol montant	Sensation d'être plus haut	APPROCHE BASSE
Piste plus étroite	Sensation d'être plus haut	APPROCHE BASSE
Manque de références visuelle au sol (effet « trou noir »)	Sensation d'être plus haut	APPROCHE BASSE
Piste ou sol descendant	Sensation d'être plus bas	APPROCHE HAUTE
Piste plus large	Sensation d'être plus bas	APPROCHE HAUTE
Éclairage de piste et de rampe d'approche très lumineux	Sensation d'être plus bas	APPROCHE HAUTE



*La vision - Anatomie - Performance - Illusions*



**ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE**

**CAUSE : CONTRASTES LUMINEUX IMPORTANTS**



Le test consiste à compter les points noirs

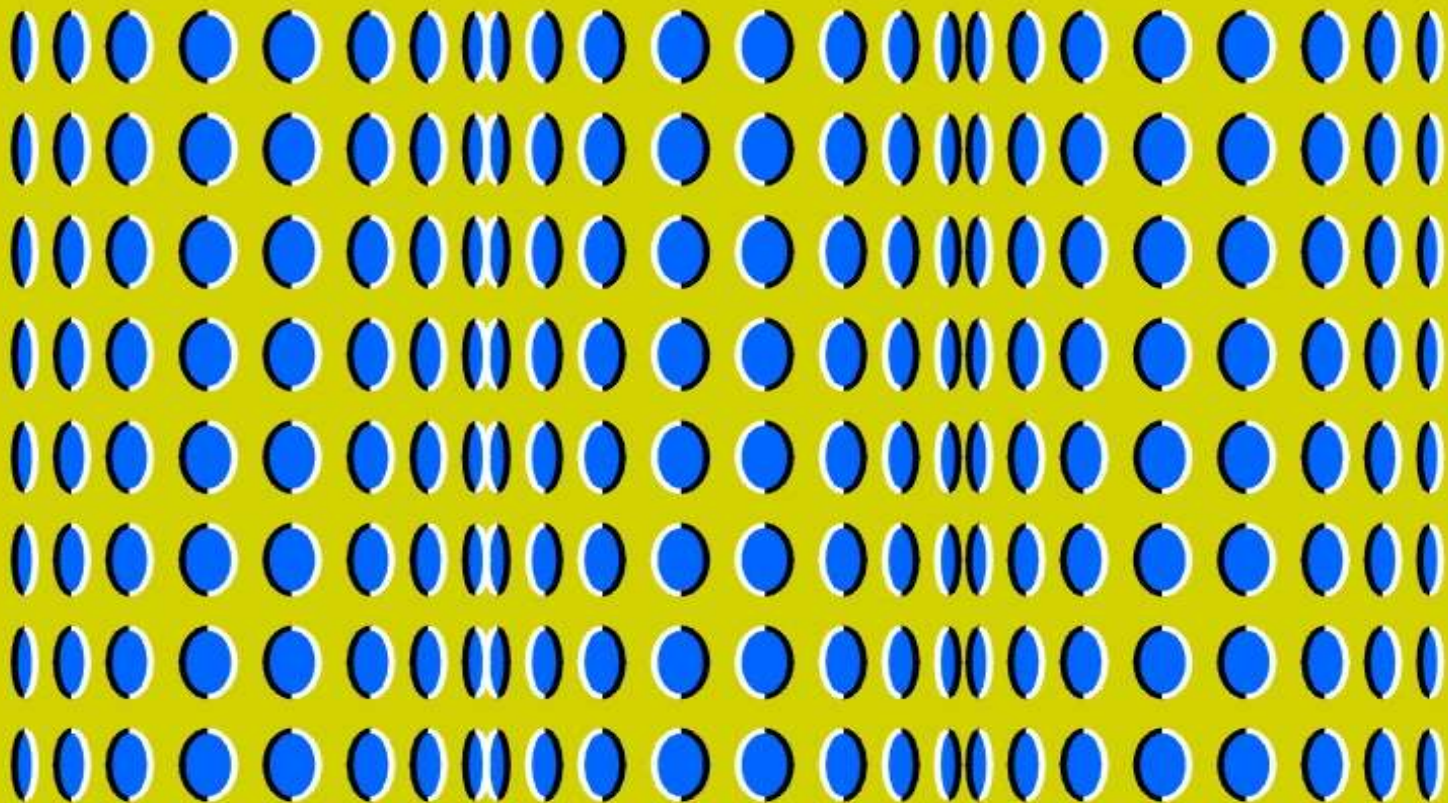


# *La vision - Anatomie - Performance - Illusions*



**ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE**

**CAUSE : CONTRASTES ET OMBRES**





# *La vision - Anatomie - Performance - Illusions*



## **ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE**

### **VOILE BLANC :**

**Une couche de neige fraîchement tombée se confond avec un ciel blanc et un horizon indistinct.**



**Risque d'écrasement au sol lors de vol à basse altitude.**



# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE

### ZONE GRISE :

Au cours d'approches visuelles de nuit vers une piste peu ou pas éclairée, les régions sombres n'offrent aucun repère pour l'orientation.

**Risque d'approche trop basse.**



### FAUX HORIZON :

Associé avec un nuage, ou points lumineux confondus avec les étoiles dans une zone faiblement peuplée la nuit.

**Risque de contact avec la planète (CFIT).**





## ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE

### PHÉNOMÈNE D'AUTOCINÉSIE

ILLUSION PROVOQUÉE PAR LA FIXITÉ DU REGARD  
SUR UN POINT LUMINEUX IMMOBILE DANS LE NOIR

Après quelques instants,  
illusion de mouvement de ce point,  
du fait de la dérive du regard  
par rapport à sa cible.



### REMÈDE

**ÉVITER LA FIXITÉ DU REGARD  
BALAYAGE CONSTANT ET SÉLECTIF DU CHAMP DE VISION**





# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE

### ILLUSIONS CONDUISANT A UNE SENSATION ERRONÉE D'UN DÉPLACEMENT :

- L'avion voisin qui se déplace au parking donne l'illusion que notre avion recule alors que l'on est arrêté (**illusion de mouvement horizontal**).





## ILLUSIONS D'OPTIQUE SPÉCIFIQUES A LA PHYSIOLOGIE

### **SENSATION ERRONÉE D'UN DÉPLACEMENT ACTIONS DÉCALÉES SOUVENT DANGEREUSES**

- L'avion voisin qui se déplace au parking donne l'illusion que notre avion recule alors que l'on est arrêté **(illusion de mouvement horizontal)**.
- Le mouvement des gouttes de pluie ou des flocons de neige sur le pare-brise peut induire de fausses sensations de mouvement vers le haut. En approche, plan normal semble trop haut. **(illusion de mouvement vertical)**.
- Le déplacement du champ de vision périphérique (ex : simulateur de vol) donne l'illusion de rotation **(illusion de mouvement angulaire)**.



# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION CAUSE : RÉSISTANCE A L'ANALYSE CULTURELLE



Regardez l'image: vous allez progressivement voir apparaître des visages.

C'est très troublant (il paraît qu'il y en aurait 11)...



www.banane.be

Remarquez qu'une fois certains visages repérés, il est impossible de ne plus les voir...  
Cela illustre notre incapacité à avoir un regard neuf sur un sujet déjà organisé dans le cerveau.

Si vous n'avez aucun problème pour voir l'image sans les visages, il vous est conseillé de vous adresser à un spécialiste de toute urgence!



# La vision - Anatomie - Performance - Illusions



## ILLUSIONS D'OPTIQUE, D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION CAUSE : RÉSISTANCE A L'ANALYSE COGNITIVE

Observez cette liste et dites la **COULEUR**  
de chaque mot, pas le mot lui-même

JAUNE	BLEU	GRAND
NOR	ROU	V
VIOL		
O		VIOLET
	LEU	ORANGE

**CA ENERVE HEIN !!!**

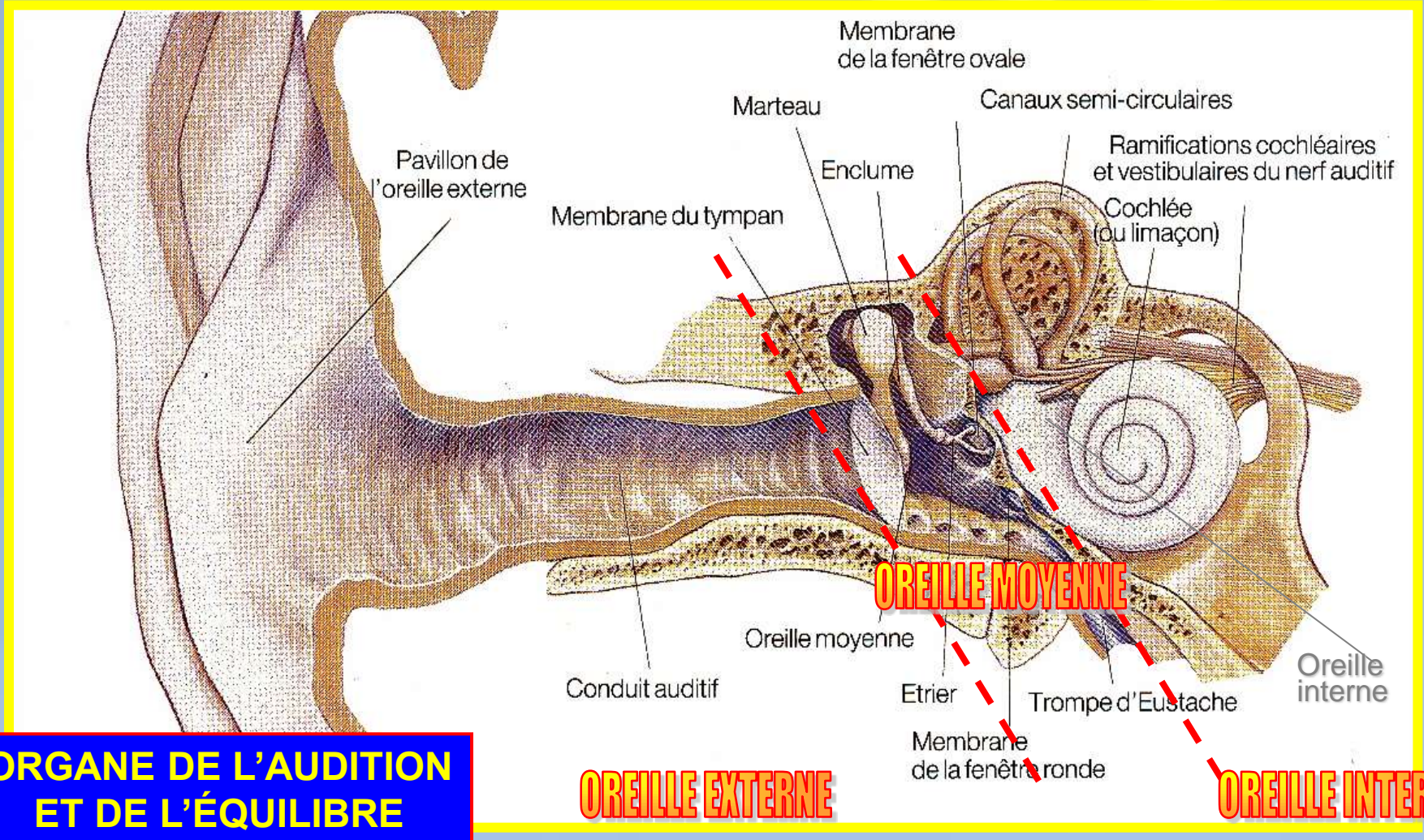
la partie droite de votre cerveau  
essaye de dire la couleur  
alors que la partie gauche  
insiste pour lire le mot



# L'ouïe - Anatomie - Barotromatisme - Bruit



## ANATOMIE DE L'OREILLE



**ORGANE DE L'AUDITION  
ET DE L'ÉQUILIBRE**



# L'ouïe - Anatomie - Barotromatisme - Bruit



## ANATOMIE DE L'OREILLE

### OREILLE EXTERNE

#### De l'extérieur au tympan

- Le pavillon et le conduit auditif : guidage du son jusqu'au tympan.
- Tympan : membrane séparant l'oreille externe de l'oreille moyenne.
- Rôle : captage des variations de pression sonore.

### OREILLE MOYENNE

#### Du tympan à la membrane interne

- Constituée par une chaîne de 3 osselets : le marteau, l'enclume et l'étrier.
- Rôle : transmission des mouvements du tympan à l'oreille interne.
- Communication avec le milieu extérieur par la trompe d'Eustache habituellement fermée et s'ouvrant à la déglutition.

### OREILLE INTERNE

#### Enceinte close des systèmes auditif et d'équilibration

- Deux ensembles pour deux fonctions :
  - le vestibule, organe de l'équilibre,
  - la cochlée ou limaçon, dédiée à l'audition.





# L'ouïe - Anatomie - Barotromatisme - Bruit



## FONCTIONS DE L'OREILLE

### AUDITION

Capacité d'écoute :

- Fréquence de 50 Hz à 16 000 Hz
- Amplitude de 0 dB à 120 dB

Capacité de sélection des bruits :

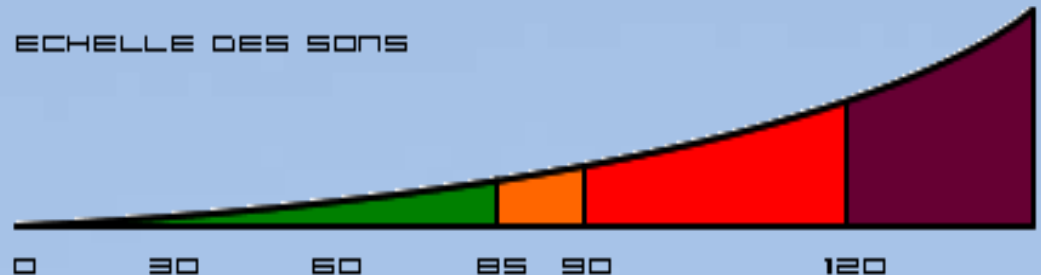
- par source d'intérêt
- par limitation des répétitions
- par leur fréquence
- par leur amplitude
- par leurs harmoniques

> 120	niveaux exceptionnels : avions, fusées, explosions
90 - 120	sons nocifs : musique amplifiée, sports mécaniques, bruits industriels
85-90	limite de nocivité pour le système auditif
60 - 80	lieux de vie : magasins, rues, communication parlée
30 - 50	lieux de repos ou de travail intellectuel : chambre, bibliothèque, bureaux
0 - 30	lieux très calmes : campagne, studios d'enregistrement
0 dB	seuil de perception de l'oreille humaine

### MISE EN GARDE

- Dégradations irréversibles
- Risque d'éclatement du tympan
- Amplitude diminue l'attention

ECHELLE DES SONS





## FONCTIONS DE L'OREILLE

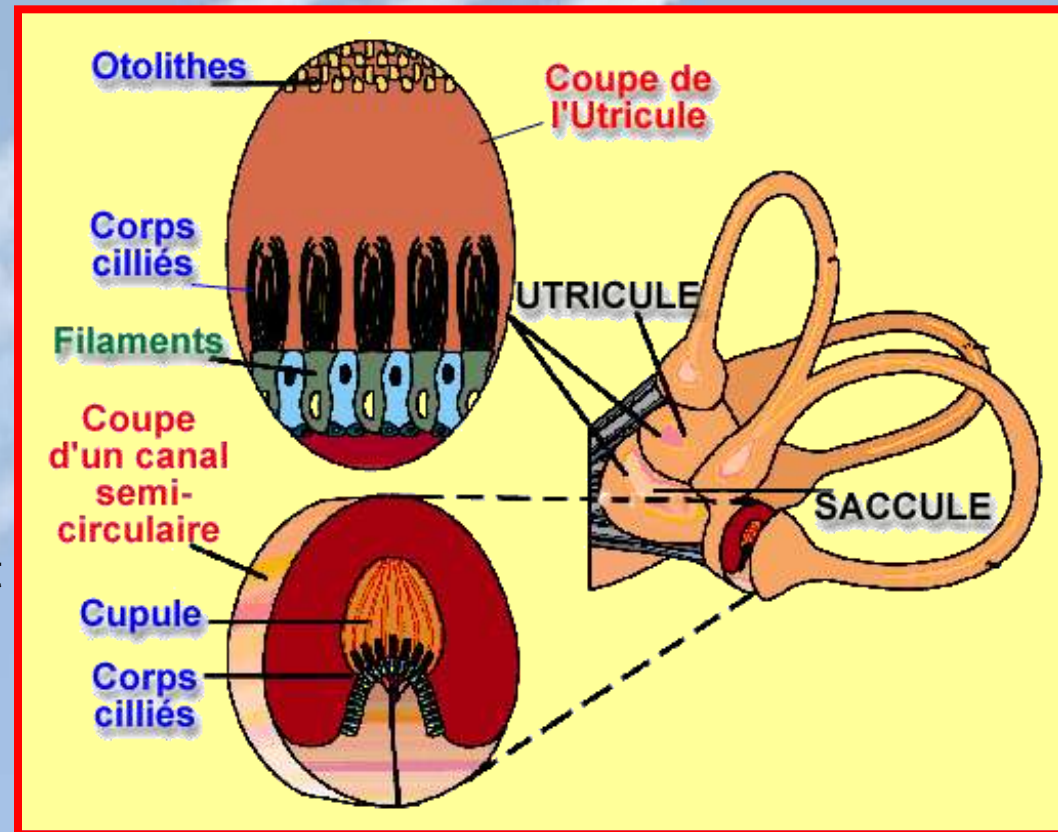
### ÉQUILIBRATION

Système vestibulaire :

- Dans oreille interne
- Constitution :
  - deux organes interconnectés :
    - Trois canaux semi-circulaires
    - L'Utricule et le Saccule

Caractéristiques :

- Perception de mise en mouvement (accélérations radiales, longitudinales et transversales),
- Ne détecte pas le mouvement uniforme et la position.



**MISE EN GARDE : Système générateur de nombreuses illusions**



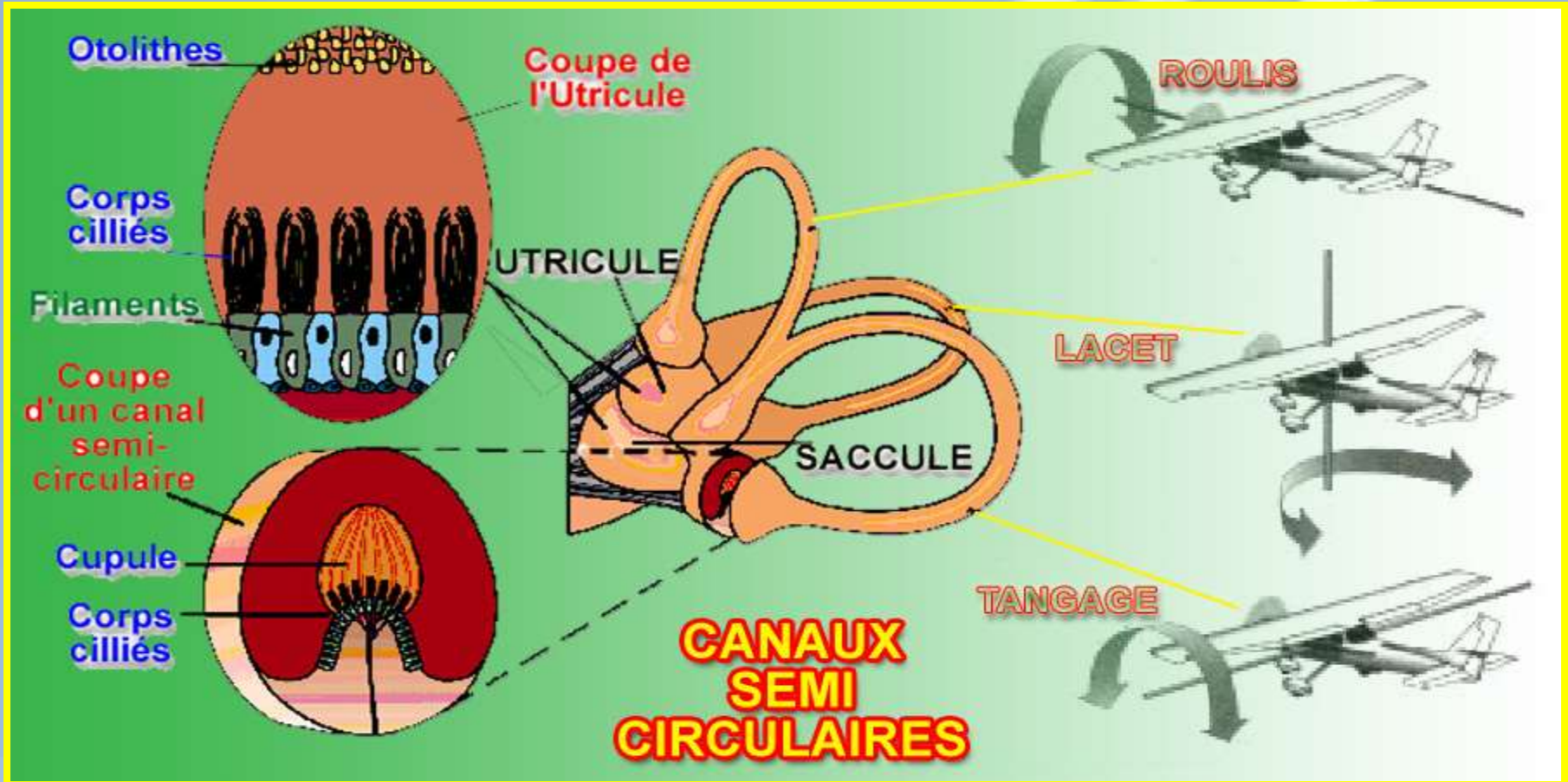


# Le système vestibulaire - L'équilibration



## ÉQUILIBRATION

Due à la disposition en plans orthogonaux des canaux



- ❑ Accélérations angulaires relatives aux mouvements de **tangage, roulis et lacet**
- ❑ Déplacement du liquide endolymphe dans les canaux
- ❑ Influence sur filaments et corps ciliés = Informations au cerveau.

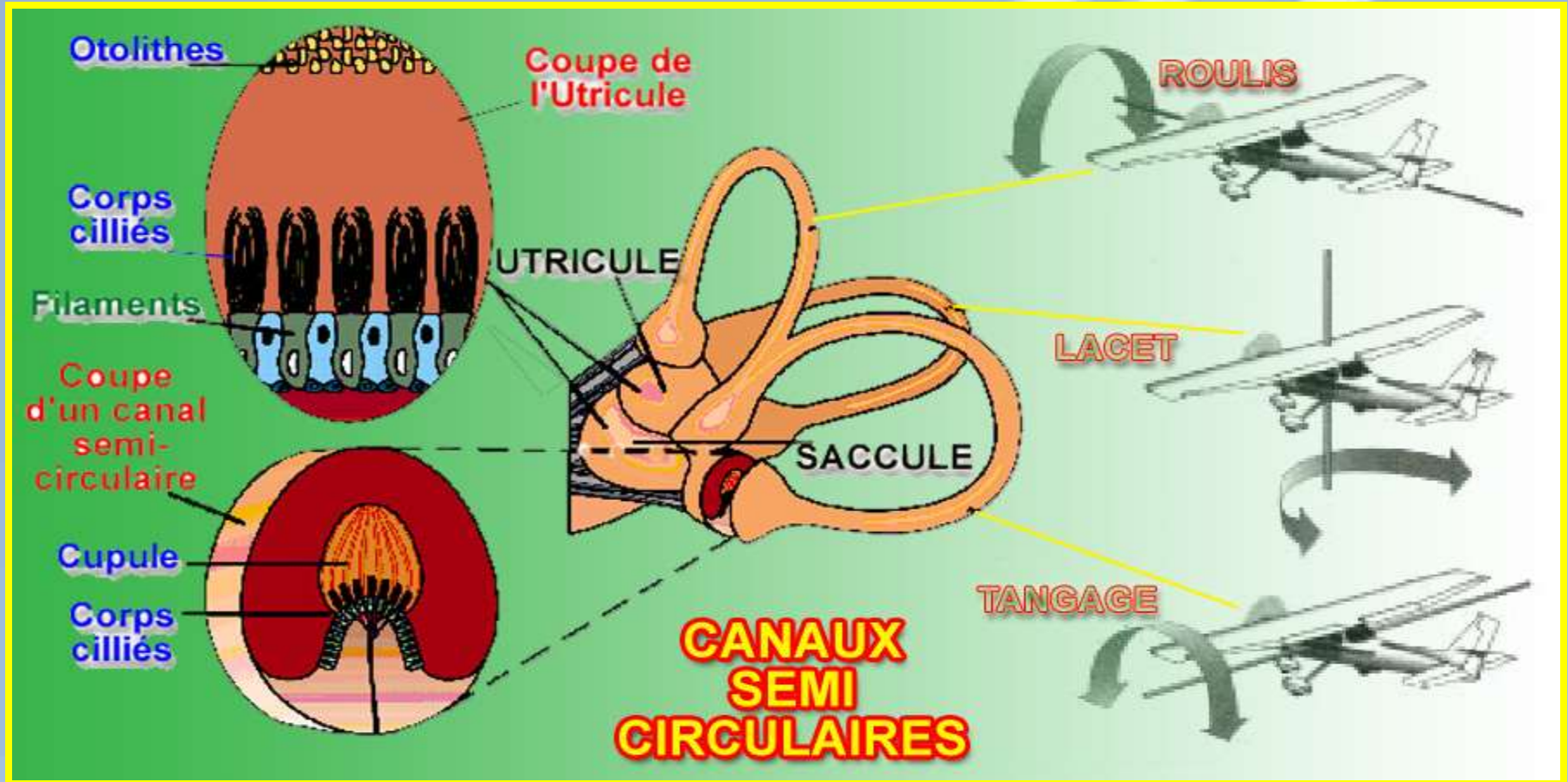


# Le système vestibulaire - L'équilibration



## ÉQUILIBRATION

Due au déplacement de liquide et de cristaux



L'utricule et le saccule, sortes de sacs contenant des petits cristaux calcaires (otolithes) dans une membrane gélatineuse et des filaments sensibles aux déplacements de ces otolithes sous l'effet d'une **accélération linéaire** (3 dimensions).



# *Les illusions de mouvement*



**L'appareil vestibulaire** : un capteur imparfait, les informations fournies peuvent être :

- insuffisantes, incomplètes,
- faussées ou incohérentes avec celles des autres sens donc ambiguës.

**Les accélérations angulaires (rotations) et linéaires créent des impulsions nerveuses interprétées par le cerveau comme des changements de position de la tête et du corps.**

**Le système est également sensible à la direction de la gravité.**





# Les illusions de mouvement



## LES ILLUSIONS VESTIBULAIRES

La sensation de rotation (accélération angulaire) n'est plus captée au bout de 15 secondes environ.

Un déplacement linéaire à vitesse constante n'est pas détecté par les otolithes.

Les otolithes mélangent accélération de la gravité (pes et accélérations réelles.



Ces défauts peuvent être la source de nombreuses illusions. Ils peuvent être renforcées en IMC en l'absence de correction visuelle.

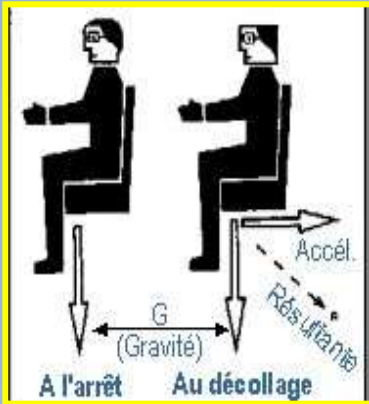
**LES ILLUSIONS VESTIBULAIRES  
SONT LES PLUS DANGEREUSES  
EN VOL AUX INSTRUMENTS.**



# Les illusions de mouvement



## LES ILLUSIONS OCULOGRAVIQUES



**Sensation de cabrage** de l'avion lors de l'accélération (par exemple au décollage).



**Sensation de piqué** de l'avion lors d'une décélération (réduction des gaz ou sortie des volets).

## CONSÉQUENCE

**ACTION MALENCONTREUSE SUR LA GOUVERNE DE PROFONDEUR.**



# Les illusions de mouvement



## LES ILLUSIONS DE ROTATION EN SENS OPPOSÉ

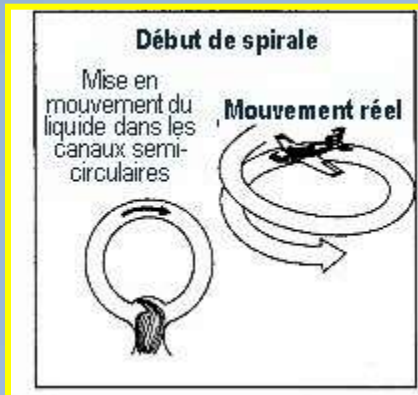
### LA SPIRALE DE LA MORT

- ❑ Une perte d'altitude dans un virage à taux constant prolongé ou un début de spirale peuvent être interprétés à tort comme une descente en vol rectiligne (canaux semi-circulaires au repos).

**RISQUE** : traction sur le manche pour empêcher la perte d'altitude perçue, sans correction d'inclinaison, ce qui accroît la spirale.

- ❑ Le pilote croit que la manœuvre est réussie et que l'appareil est redressé

**CONSÉQUENCE** : L'appareil risque de poursuivre sa spirale jusqu'au sol ou de se désintégrer en vol par survitesse.

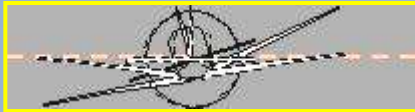




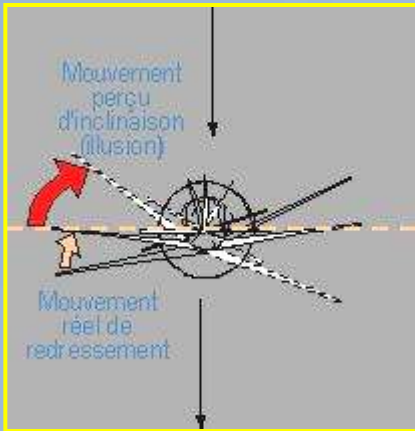
# Les illusions de mouvement



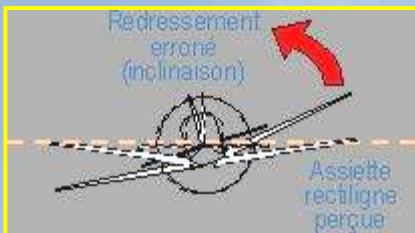
## LES ILLUSIONS D'INCLINAISON



❖ Les otolithes sont très sensibles aux accélérations, les canaux semi-circulaires le sont moins. **Un taux de roulis faible mais constant peut passer inaperçu** d'un pilote distrait.



❖ Dans un virage à faible inclinaison non perçu du pilote, **LE CERVEAU** n'a pas enregistré l'inclinaison mais **perçoit le redressement** et le pilote a **l'impression que l'appareil est incliné de l'autre côté.**



**RISQUE : inclinaison volontaire mais erronée du côté opposé au redressement pour contrer l'illusion d'inclinaison.**

**SOLUTION : maintenir un palier rectiligne pendant une minute ou deux et confirmer l'attitude de l'avion par les instruments.**



# Les illusions de mouvement



## LES ILLUSIONS D'ACCÉLÉRATION (EFFET DE CORIOLIS)

**Les canaux semi-circulaires communiquent entre-eux.**

- ❖ Suite à l'accélération, **une partie** du liquide endolymphatique de deux des trois canaux **se déplace dans le troisième canal.**
- ❖ Cela provoque une puissante **« sensation de culbute »** associée à des nausées et à une extrême confusion

**Le pilote perçoit des mouvements de l'avion qui n'ont pas lieu.**







# Les illusions de mouvement



## LES ILLUSIONS D'ACCÉLÉRATION (EFFET DE CORIOLIS)

**Les canaux semi-circulaires communiquent entre-eux.**

- ❖ Suite à l'accélération, **une partie** du liquide endolymphatique de deux des trois canaux **se déplace dans le troisième canal.**
- ❖ Cela provoque une puissante **« sensation de culbute »** associée à des nausées et à une extrême confusion

**Le pilote perçoit des mouvements de l'avion qui n'ont pas lieu.**

**L'effet de Coriolis peut intervenir dans tout virage en montée ou en descente, du fait d'un mouvement brusque de la tête dans la direction opposée au virage, et surtout en conditions turbulentes.**

**C'EST L'ILLUSION VESTIBULAIRE LA PLUS DANGEREUSE  
ET LA PLUS DÉROUTANTE CAR TRÈS PUISSANTE.**



# *Les illusions de mouvement*



## **LES ILLUSIONS KINESTHÉSIQUES**

Un pilote habitué à voler en VFR construit de manière inconsciente un certain nombre de sensations kinesthésiques.

**Ces sensations alliées à son expérience du vol lui permettent de distinguer « le haut du bas » même lorsque l'avion est mis dans des assiettes inhabituelles (pilotage « aux fesses »)**

**EN CONDITIONS IMC, ces habitudes et instincts amènent souvent des CONCLUSIONS ÉRRONÉES SUR L'ASSIETTE RÉELLE de l'avion.**

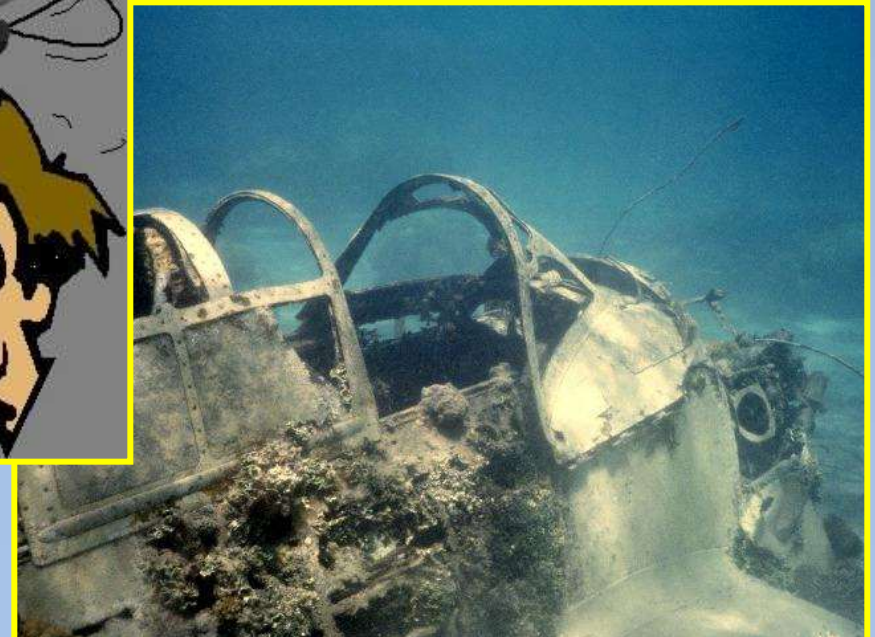
**DANS LE DOUTE,  
LES INSTRUMENTS ONT RAISON...**



# Les désorientations spatiales



**DANS LE NOIR COMPLET,  
DANS LES NUAGES  
PAR MAUVAISE VISIBILITÉ**





# *Les désorientations spatiales*



## **DANS LE NOIR COMPLET, DANS LES NUAGES PAR MAUVAISE VISIBILITÉ**

- Le cerveau se repose uniquement sur des sensations kinesthésiques et vestibulaires ;**
- Le cerveau ne sait pas faire la différence entre accélération réelle et force centrifuge ;**
- En l'absence de correction visuelle, il y a conflit et risque de désorientation spatiale.**

ATOS



# *Les désorientations spatiales*



**CONSÉQUENCES : Un pilote désorienté peut avoir l'impression d'une assiette qui ne correspond pas du tout à celle de l'avion.**





# *Les désorientations spatiales*



**CONSÉQUENCES : Un pilote désorienté peut avoir l'impression d'une assiette qui ne correspond pas du tout à celle de l'avion.**

**RISQUE DE MANŒUVRER LES COMMANDES DE MANIÈRE INADAPTÉE ET DANGEREUSE**





**MÉDICALEMENT UN PILOTE NE PEUT VOLER QUE**

**❖ S'IL DÉTIENT UN CERTIFICAT MÉDICAL VALIDE  
ET**

**❖ S'IL S'ESTIME APTE  
PHYSIQUEMENT ET MENTALEMENT**

- Pas de problèmes de santé (maladies, rhumes, infections)
- Rythme de vie observé, État de fatigue correct
- Pas de repas trop copieux (alimentation saine et équilibrée)
- Pas d'état alcoolique  
Suffisamment hydraté non gazeux
- Entretien de la forme physique (entraînement sportif, exercice)

- Situations anxiolitiques limitées (ennuis familiaux, professionnels, )
- Émotions importantes, stress, Événements personnels
- Médicaments interdits (Hypnotiques, Antitussif, Anxiolytiques, ...)
- Pas de drogue (cannabis, cocaïne ecstasy, et autres substances, ...).
- Respect du temps de repos et des rythmes circadiens



## UNE ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE EST ESSENTIELLE POUR LE FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME

- La faim diminue la concentration ;
- Mais trop manger provoque de la somnolence et affecte les réactions et le sens du jugement.







## UNE ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE EST ESSENTIELLE POUR LE FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME

- La faim diminue la concentration ;
- Mais trop manger provoque de la somnolence et affecte les réactions et le sens du jugement.

## UN RÉGIME ALIMENTAIRE ÉQUILIBRÉ



**UN NOMBRE SUFFISANT DE CALORIES**  
pour maintenir le poids idéal.



**DES CALORIES ADDITIONNELLES**  
pour l'exercice et l'activité physique.



**TROIS REPAS ÉQUILIBRÉS**  
par jour et à heures fixes

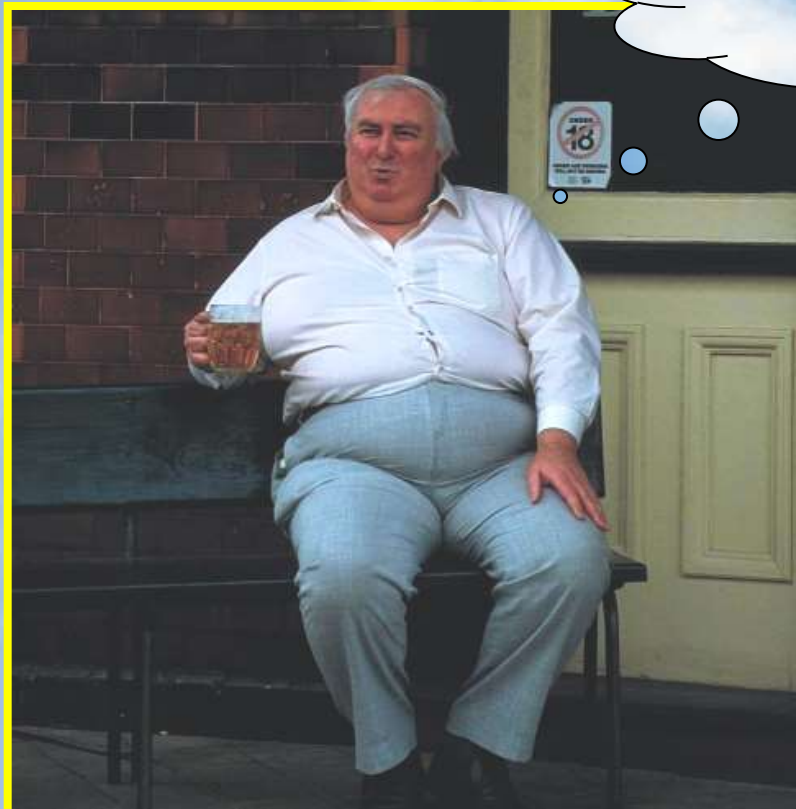


# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



**UNE ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE EST ESSENTIELLE  
POUR LE FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME**

**Ouais !  
C'est  
possible...**





## **UNE ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE EST ESSENTIELLE POUR LE FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME**

- **15 % de protéines (viandes, poissons,...);**
- **50% d'hydrates de carbone (sucres lents) ;**
- **30% de matières grasses au maximum.**

**L'HYPOGLYCÉMIE** (baisse du taux de sucre dans le sang)  
**DIMINUE LA VIGILANCE ET NUIT AU JUGEMENT.**

### **ALIMENTATION TROP RICHE**

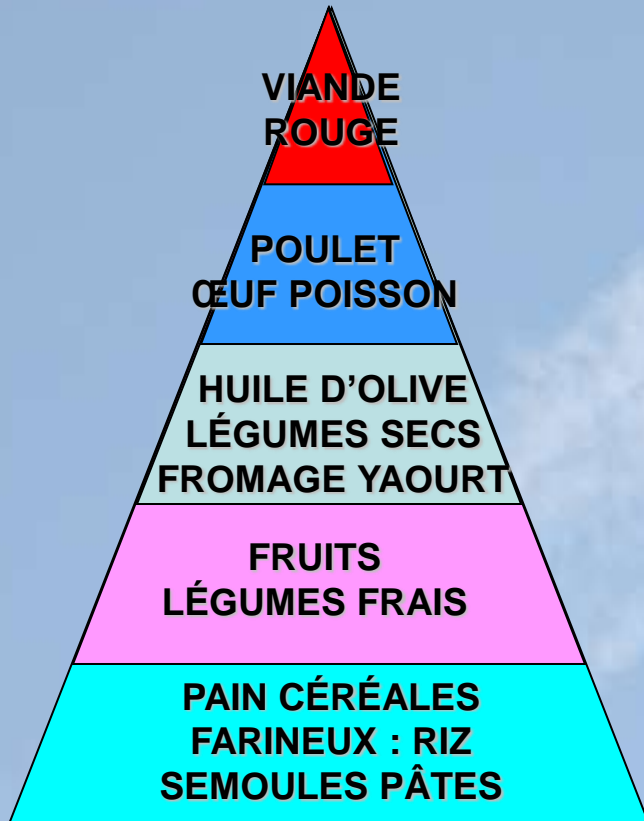
- ❖ **ENCRASSE LE SYSTÈME CIRCULATOIRE**
- ❖ **OBTURE ET DURCIT LES VEINES**
- ❖ **ALTÈRE L'IRRIGATION DU CERVEAU ET DES ORGANES**



# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



## PYRAMIDE ALIMENTAIRE IDÉALE



**Quelques fois par mois**

**Quelques fois par semaine**

**Tous les jours**

**Tous les jours**

**Tous les jours**

**LIQUIDE : LE CORPS A BESOIN DE DEUX LITRES PAR JOUR**

**Le vin est une boisson cardio-protectrice mais pas plus de trois verres par jour**

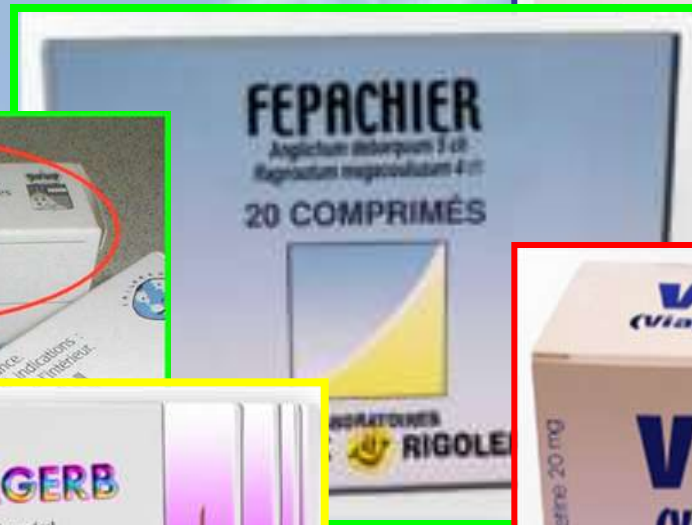


# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



## MÉDICAMENTS DROGUES ALCOOL

Le mélange des médicaments et l'automédication sont dangereux.





# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



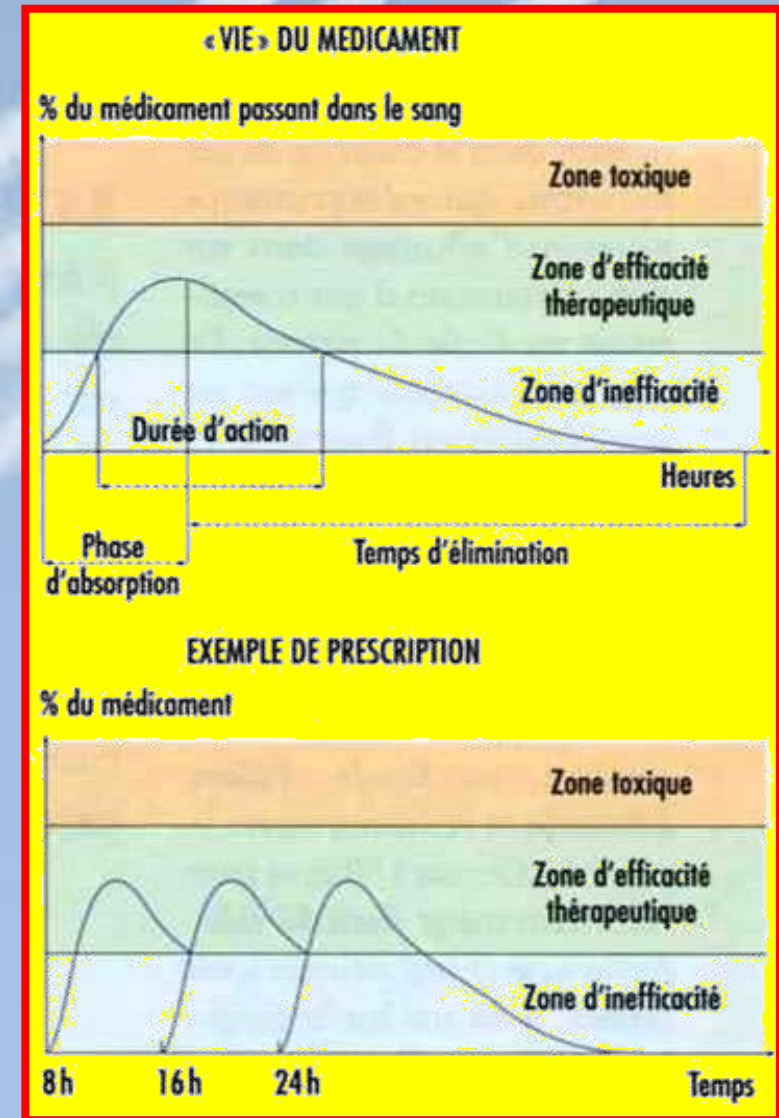
## MÉDICAMENTS

**Le mélange des médicaments et l'automédication sont dangereux.**

**Phase absorption : 80% du principe actif passe dans le sang.**

**Même en dehors de la durée d'action et pendant le temps d'élimination les molécules médicamenteuses sont présentes dans le sang.**

**Tout nouveau médicament pris dans cette période peut provoquer avec les restes du précédent des réactions indésirables (altération de réflexes, de jugement, somnolence, nausées, ...).**





# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



## MÉDICAMENTS

Effets indésirables essentiellement sur :

- ❖ la perception sensorielle  
(vision, audition, équilibre et réflexes)
- ❖ l'altération des fonctions cérébrales supérieures  
(intégration des messages extérieurs, jugement, coordination)

## Typologie des médicaments : mise en garde

- ❖ Antibiotiques : pas de contre-indication en général
- ❖ Antihistaminiques (antiallergiques)
- ❖ Psychotropes (tranquillisants et autres)
- ❖ Antinaupathiques (médicaments présents dans le mal des transports)
- ❖ Antiémétiques (contractures et douleurs musculaires)



**ALCOOL**

## UN RISQUE MAJEUR POUR LA SÉCURITÉ

L'altitude en majore les effets.

**La réglementation impose une alcoolémie à 0 pour piloter**

### Détermination du taux d'alcoolémie

C'est le rapport du poids de la quantité d'alcool pur consommé par le produit du poids de l'individu en kilos affecté du coefficient

- 0,7 pour un homme ou
- 0,6 pour une femme.

### **Hommes :**

Somme grammes d'alcool pur  
----- = g/l  
poids du corps x 0,7

### **Femmes :**

Somme grammes d'alcool pur  
----- = g/l  
poids du corps x 0,6

**Corrélation entre la teneur d'alcool dans le sang et dans l'air expiré :**

**0,8 g/l de sang équivaut à 0,4 mg/l d'air expiré**

Les « boissons standards » contiennent à peu près toutes la même quantité d'alcool.

Une bière de 25 cl, un apéro, un schnaps ou un ballon de rouge représentent tous environ 10 gr d'alcool pur.







## ALCOOL

### ÉQUIVALENCE EN ALCOOL PUR

Apéritif Anisé	Apéritif Vin cuit	Vin ordinaire	Bière Cidre	Whisky Gin	Vin supérieur	Liqueur Digestif
10	10	8	10	12	12	12
GRAMMES D'ALCOOL						

### RAPPELS PHYSIQUES ET CALCULS BASIQUES

Densité de l'alcool = 0,8. **Un litre d'alcool** pur pèse **800 grammes**.

Degré alcoolique = % en volume d'alcool dans une boisson (**10° = 10 % d'alcool**).

1 litre de vin à 12° contient 96 g d'alcool. **Un verre de vin (10 cl) = 10 g d'alcool pur.**

1 litre de Ricard à 51° = 408 g d'alcool et **un verre de Ricard (2,5 cl) = 10 g.**

1 litre de bière à 5° (bière de ménage) = 40 g et **une bière (25 cl) = 10 g.**



**ALCOOL**

## **ÉLIMINATION : LES FAUX AMIS**

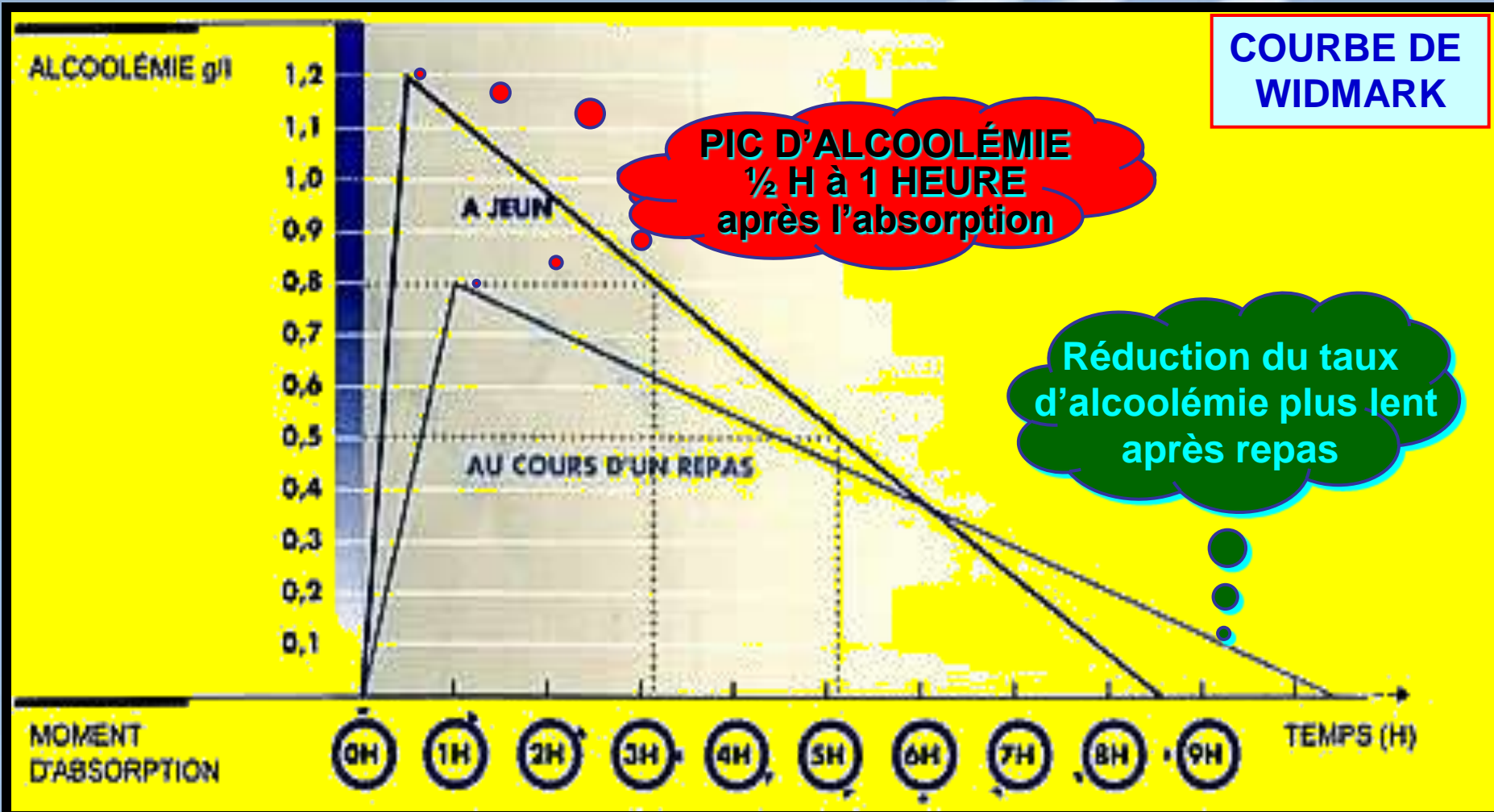
Contrairement à ce que l'on pense souvent  
**MANGER N'A JAMAIS DIMINUÉ L'IVRESSE**  
La quantité d'alcool absorbée dans le sang reste identique.

**Élimination de l'alcool : durée quasi-identique chez tout le monde.**  
**ÉLIMINATION MOYENNE HORAIRE : 0,15 g / L.**  
Pas de possibilité de dessaouler plus vite.

Le café n'a pas non plus de vertu spéciale.  
Effet inverse, le foie doit éliminer la caféine avant l'alcool.  
Un certain nombre de médicaments amplifie l'effet de l'alcool.



## ALCOOL : Tableau de décroissance en fonction du temps



D'où la règle : **12 heures d'attente avant tout vol, si ....**



## L'ENTRETIEN PHYSIQUE



**NÉCESSITÉ DE « FAIRE BOUGER » SON CORPS**



**RYTHME CARDIO EN EXERCICE**

Mini = 180 battements - Age

Maxi = 220 battements - Age



**PRIVILÉGIER LES SPORTS D'ENDURANCE (JOGGING, CYCLISME)  
ET LA PRATIQUE DE LA NATATION**



**HEURE D'ACTIVITÉ SPORTIVE CONDITIONNE  
LA QUALITÉ DU SOMMEIL SUIVANT**



**LIMITER L'ACTIVITÉ PHYSIQUE AVANT VOL DE NUIT**





## LA FATIGUE

**LA FATIGUE EST CITÉE DIRECTEMENT OU EST INDUITE  
DANS 30 % DES COMPTES RENDUS D'ACCIDENT**



**DIFFICULTÉ DE LA QUANTIFICATION DU NIVEAU DE FATIGUE**



**CINQ FACTEURS INFLUENT SUR LE NIVEAU DE FATIGUE**

- ❖ Le rythme de vie
- ❖ La santé générale de l'individu
- ❖ Le respect des rythmes circadiens
- ❖ La quantité et la durée de l'effort fourni
- ❖ Le niveau de récupération et la qualité du sommeil



## LA FATIGUE



**ÉMERGENCE LORSQUE ÉPUISEMENT DES RESSOURCES PHYSIQUES ET INTELLECTUELLES**



**DÉTÉRIORATION PROGRESSIVE PUIS BRUTALE :**

- ❖ De la condition physique
- ❖ Des possibilités intellectuelles
- ❖ De l'équilibre psychologique



**CONSÉQUENCES :**

- ❖ Augmentation du stress
- ❖ Altération des performances
- ❖ Incompréhensions et défauts de jugement
- ❖ Fautes de pilotage et laxisme



## LA FATIGUE ET SES EFFETS

### Sur les processus mentaux :

- manque de concentration,
- périodes d'inattention,
- réduction de la vigilance,
- lenteur dans l'action,
- altération de la mémoire à court terme,
- perte de la perspicacité,
- erreur d'interprétation,
- illusions visuelles,
- désorientation.

### Sur l'humeur :

- sensation de fatigue,
- état dépressif,
- irritabilité,
- perte d'intérêt pour l'entourage et les événements,
- envie croissante et irrésistible de dormir.





## LA FATIGUE ET SES EFFETS

### TÂCHES LES PLUS ALTÉRÉES

- Tâches soutenues,
- Tâches sans stimulus,
- Travail routinier,
- Tâches de surveillance,
- Tâches insuffisamment apprises,
- Tâches avec charge de travail élevée,
- Tâches demandant des prises de décisions complexes.







## LA FATIGUE

### Deux types de fatigue :

#### ➤ **l'asthénie physiologique.**

Fatigue physique aiguë, passagère, liée à un effort musculaire ou à un surmenage cérébral, visuel, auditif, voire intellectuel, avec manque ou mauvais sommeil.

#### ➤ **l'asthénie générale, physique et psychique, chronique, sans support organique spécifique apparent.**

Lassitude aux causes aussi multiples que variées. Altération des performances intellectuelles mais aussi physiques.

Parfois, épuisement total résistant à une longue période de repos et nécessitant un traitement médicamenteux.





# *Alimentation - Hygiène - Rythme de vie*



## **LA FATIGUE : FACTEURS AGGRAVANTS**

### L'environnement du pilote





# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



## LA FATIGUE : FACTEURS AGGRAVANTS

### L'environnement du pilote

- ❖ **Le bruit** nuit à la communication et à l'intelligibilité  
Il peut provoquer distraction et irritabilité  
(Les casques en atténuent les conséquences).





## LA FATIGUE : FACTEURS AGGRAVANTS

### L'environnement du pilote

- ❖ **Le bruit** nuit à la communication et à l'intelligibilité  
Il peut provoquer distraction et irritabilité  
(Les casques en atténuent les conséquences).
- ❖ **La chaleur et la lumière**  
La chaleur accroît le risque de déshydratation  
La lumière influence les capacités visuelles.
- ❖ **La turbulence**  
Elle réduit la précision des mouvements  
Elle augmente la fatigue.



# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



## CHRONOBIOLOGIE

Tout être humain est régi par une véritable programmation dans le temps de ses nombreuses activités: métaboliques, nerveuses, endocriniennes...

## RYTHMES CIRCADIENS

L'activité de l'homme s'est adaptée :

- ❖ au cycle du jour et de la nuit
- ❖ aux périodes de travail et de repos
- ❖ aux changements de température

La régularité de ces alternances calées sur 24 H définit les RYTHMES CIRCADIENS.

Ces rythmes sont conditionnées par trois régulateurs :

**l'horloge biologique interne,  
le comportement social et  
le cycle solaire.**





# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



L'horloge biologique interne

Le comportement social

Le cycle solaire

TOUT DÉRÈGLEMENT DE L'UN DE CES FACTEURS ENGENDRE  
DE NOMBREUSES ALTÉRATIONS DES CAPACITÉS DE L'INDIVIDU  
TANT INTELLECTUELLES QUE PHYSIQUES

## Les RYTHMES CIRCADIENS

sont également à l'origine des besoins en sommeil.

LA SÉCURITÉ DES VOLS IMPOSE DONC

LEUR CONNAISSANCE

ET LEUR PRISE EN COMPTE.

En général, meilleures performances liées aux activités sensorimotrices en fin d'après midi et meilleures performances intellectuelles le matin.

Types de perturbation : Travail de nuit, voyage à longue distance, changements de méridien et d'heure, ...



*Alimentation - Hygiène - Rythme de vie*



## LE REMÈDE A LA FATIGUE





# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



## LE REMÈDE A LA FATIGUE

Un seul est efficace  LE SOMMEIL

MAIS PARTICULARITÉ

LE TEMPS DE SOMMEIL  
EST  
UNE VARIABLE INDIVIDUELLE





# Alimentation - Hygiène - Rythme de vie



Vouloir réduire le temps de sommeil, de manière significative,

est **ILLUSOIRE** ...

Il se crée une **DETTE DE SOMMEIL** qu'il faudra combler.

## Horaires spontanés du sommeil : matinalité - vespéralité



Le déclenchement du sommeil est un phénomène périodique survenant tous les jours pratiquement à la même heure.



Il commence en fin de soirée, lorsque la température corporelle amorce sa chute, et se poursuit toute la nuit.



Le réveil spontané survient pendant la partie ascendante du cycle thermique, à savoir 2 à 3 heures après le minimum thermique qui se situe en moyenne à 5 h du matin.



## LES QUATRE ÉTATS DU SOMMEIL

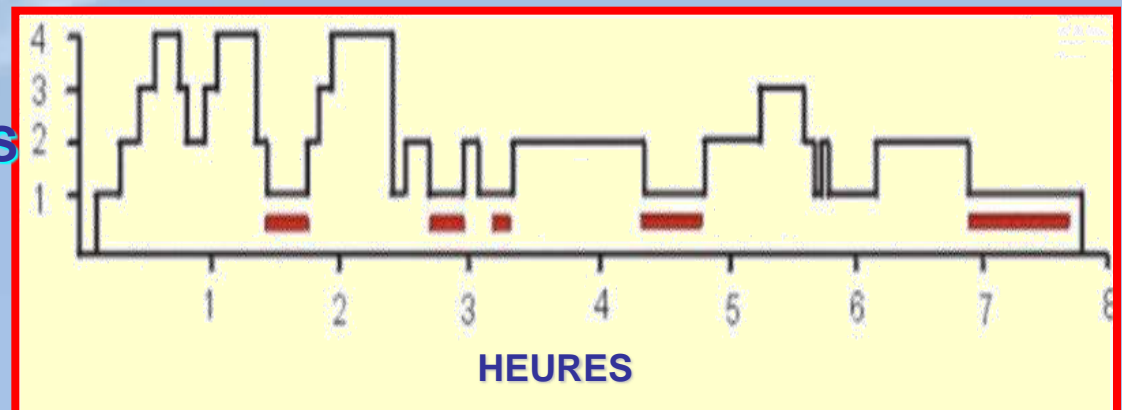
### ENSEMBLE DU REPOS

- ❖ SUCCESSION DE CYCLES DE SOMMEIL
- ❖ DURÉE DE CHAQUE CYCLE DE 1 H 30 A 2 H
- ❖ CHAQUE CYCLE COMPOSÉ DE QUATRE PHASES :
  - La veille active (10% de la durée du train)
  - la veille diffuse (40 % idem )
  - le sommeil profond (30 % idem )
  - le sommeil paradoxal (20 % idem ).



### SPÉCIFICITÉS

- ❖ DÉTECTION DES CYCLES ET DES PHASES PAR ÉLECTRO-ENCÉPHALOGRAMME
- ❖ TRÈS COURTE PHASE D'ÉVEIL ENTRE DEUX CYCLES





## LES QUATRE ÉTATS DU SOMMEIL

### PREMIER CYCLE

- **La veille active** caractérisée médicalement par des ondes de fréquence élevée et de faible amplitude visibles sur l'électroencéphalogramme,
- Cerveau non déconnecté et capable de porter une attention à l'environnement.



### SECOND CYCLE

- **La veille diffuse**, état transitoire avant le véritable endormissement. La pensée vagabonde, l'attention est « déconnectée »,





## LES QUATRE ÉTATS DU SOMMEIL

### TROISIÈME CYCLE

- **Le sommeil profond** phase privilégiée pour une véritable récupération, notamment physique, et la reconstitution des réserves énergétiques, y compris pour le système nerveux.



### QUATRIÈME CYCLE

- **Le sommeil paradoxal**, joue un rôle essentiel dans la mémorisation des connaissances. En l'absence de celui-ci, la personne devient irritable, perd son équilibre émotionnel et ses capacités d'attention et de jugement.





**Merci  
de votre attention**

